



4817228

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000300284

DISTRIBUTIONAL DATA

EDITS

x
1.607

DISTRIBUTIONS D'EAU

ÉGOUTS

TOURS, IMPRIMERIE DESLIS FRÈRES

A. DEBAUVE

Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées

DISTRIBUTIONS D'EAU

ÉGOUTS

TOME II

MOTEURS DIVERS POUR APPAREILS ÉLÉVATOIRES. —
ÉTUDES PRÉLIMINAIRES D'UNE DISTRIBUTION. — EXEMPLES DE DÉRIVATIONS. —
TUYAUX ET CONDUITES. —
DISTRIBUTION PUBLIQUE ET PRIVÉE ; ENTRETIEN, PERTES. —
RÉSERVOIRS. — STATISTIQUE DES DISTRIBUTIONS D'EAU DE FRANCE. —
ÉGOUTS ; TOUT A L'ÉGOUT ; ASSAINISSEMENT MUNICIPAL. —
LÉGISLATION DES PRISES D'EAU ET DES SOURCES. — DEVIS ET BORDEREaux DES PRIX. —
TABLES NUMÉRIQUES.

F. Nr. 21 386



PARIS

P. VICQ-DUNOD ET C^{ie}, ÉDITEURS

LIBRAIRES DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES ET DES CHEMINS DE FER
49, Quai des Grands-Augustins, 49

1897

Droits de traduction et de reproduction réservés.



II- 357 220



III 16834

DISTRIBUTIONS D'EAU

CHAPITRE XIII

MOTEURS POUR APPAREILS ÉLÉVATOIRES

SOMMAIRE. A. — Observations générales sur les moteurs pour pompes et appareils élévatoires: 1° Moteurs animés; 2° Moteurs aériens, moulins à vent; 3° Moteurs hydrauliques, servo-moteur pour machines hydrauliques; 4° Machines à vapeur; du double système de machines; dépenses d'établissement et d'exploitation des machines à vapeur; machines d'un cheval effectif; machines de 5 à 10 chevaux effectifs, locomobiles ou demi-fixes; machines de 50 chevaux effectifs; machines de 100 et 500 chevaux effectifs; 5° Machines diverses: moteurs électriques, moteurs à gaz, moteurs à pétrole, petits moteurs à pétrole, moteurs au gaz pauvre. — Du contrôle et de la marche des machines. — B. Pompes ordinaires: petites installations de machines élévatoires. — Prix d'une installation pour alimentation de station, machines à vapeur de 3 chevaux de force. — Petites machines élévatoires sur puits, avec cuves-réservoirs. — Exemples divers de petites installations: installation avec manège. — Pompes sur puits avec machine à vapeur pour bourg de 800 habitants. Installations avec turbines. — Utilisation de roues hydrauliques. — C. Exemples d'alimentation par machines élévatoires hydrauliques: 1° Eaux de Marly et de Versailles; 2° Alimentation du fort Saint-Michel à Toul (turbines); 3° Elévation par turbines et pompes, ville de Narbonne; 4° Elévation par turbine et pompe à Maquens (petit débit); 5° Distribution d'eau de la ville d'Albi (turbines). — D. Exemples d'élévation par machines à vapeur: 1° Eaux de Lyon; 2° Eaux de Nîmes; 3° Eaux d'Orléans; 4° Distribution d'eau de la ville de Pithiviers; 5° Usines élévatoires de la ville de Paris; 6° Distribution d'eau de Lille; difficulté d'alimentation des villes industrielles du département du Nord.

A. — OBSERVATIONS GÉNÉRALES SUR LES MOTEURS POUR POMPES ET APPAREILS ÉLÉVATOIRES

L'étude complète des moteurs destinés à actionner les pompes exigerait un traité de mécanique. Nous n'avons donc pas l'intention de l'aborder ici; nous présenterons seulement des considérations générales sur les avantages et les inconvénients des divers moteurs et sur le fonctionnement de chacun d'eux.

On distingue : les moteurs animés ;
 les moteurs aériens ;
 les moteurs hydrauliques ;
 les machines à vapeur ;
 les machines diverses ;

1° Moteurs animés. — Le travail journalier d'un moteur animé est le produit de trois éléments : l'effort moyen à la seconde R , la vitesse V du point d'application de cet effort, la durée T du travail réel par vingt-quatre heures. Il existe, pour chaque moteur et pour chaque espèce de travail, des valeurs des trois éléments qui rendent le travail maximum ; les expériences pour les déterminer sont malheureusement peu nombreuses ; il y a, du reste, des variations considérables dues au climat et à l'alimentation.

Un homme ordinaire *qui tire de l'eau d'un puits* peut exercer un effort de 15 kilogrammes et produire un travail quotidien de 75 000 kilogrammètres ; si l'on ne tient pas compte du poids du seau, il peut donc élever 7 500 kilogrammes d'eau à 10 mètres de hauteur ; mais il faut déduire le poids propre du seau et ce poids est parfois considérable. Les pertes de temps augmentent à mesure que la profondeur diminue. La charge maxima à élever ne devant pas dépasser 15 kilogrammes, il convient, pour les puits à corde et poulie ordinaire, d'adopter un seau le plus léger possible, ne dépassant pas 15 kilogrammes avec son chargement.

L'homme *tournant une manivelle* de $0^m,40$ de rayon peut exercer un effort tangentiel moyen de 7 à 9 kilogrammes. Dans la pratique on peut admettre un effort continu de 9 kilogrammes avec une vitesse de $0^m,60$ pendant huit heures de travail effectif, ce qui donne un travail mécanique de 155.500 kilogrammètres. Avec une manivelle, le poids du seau n'est pas limité ; aussi faut-il adopter une manivelle pour les puits profonds et porter le poids du seau avec son chargement à 50 ou 60 kilogrammes, afin de diminuer les pertes de temps. Cependant on ne peut espérer même avec ce système monter plus de 5 000 kilogrammes par jour à 30 mètres de hauteur.

L'effort d'un homme, travaillant à soulever le mouton d'une sonnette à tiraude, ne dépasse pas 19 kilogrammes ; c'est le maximum de l'effort continu qui peut être exercé par un homme sur *le balancier d'une pompe* ; cet effort, amplifié par le balancier, est transmis au piston ; le travail journalier ne dépasse pas 80 000 kilogrammètres et l'effet utile doit être réduit suivant le rendement de l'appareil, rendement satisfaisant lorsqu'il atteint 0,50.

L'effet utile du travail d'une femme ne dépasse pas les deux tiers

de celui de l'homme et celui d'un jeune homme de 15 ans la moitié.

Une locomobile de 6 chevaux effectifs, coûtant 5 000 francs et travaillant 250 jours par an, dépense par journée de dix heures :

Intérêt et amortissement : 1 000 francs.....	par jour	4 fr. »
Un mécanicien.....	—	5 »
240 kilogrammes de charbon à 0 fr. 04 (maximum).....	—	9 60
Huile, graisse, chiffons.....	—	1 »
TOTAL.....	par jour	19 fr. 60

Avec un rendement de 0,5 elle produit 6 480 000 kilogrammètres, c'est-à-dire le travail de 50 ouvriers tournant à la manivelle, qui coûteraient 150 francs de salaire.

Ce simple calcul montre l'avantage qu'il y a à substituer un petit moteur à vapeur ou à gaz à la main-d'œuvre de l'homme toutes les fois qu'il s'agit de produire un travail continu.

Un cheval *attelé au manège*, allant au pas à la vitesse de 0^m,90, exerce une traction de 45 kilogrammes, travaille huit heures par jour et produit 1 166 000 kilogrammètres.

Un bœuf vigoureux produit à peu près le même travail, mais la vitesse tombe à 0,60 et la traction s'élève à 65 kilogrammes.

Le travail du mulet au manège est seulement de 770 000 kilogrammètres et celui de l'âne 320 000 pour une journée de 8 heures.

On peut avoir un manège à un cheval pour 300 à 450 francs et un manège à deux chevaux pour 500 francs.

Le travail produit ne se transforme pas entièrement en eau montée ; avec des appareils ordinaires il ne faut pas compter sur un rendement supérieur à 0,40.

A rendement égal du mécanisme, un cheval attelé à un manège équivaut à 7 ou 8 hommes employés à la manivelle ; il est donc fort avantageux ; il équivaut également à un peu plus d'un demi-cheval vapeur, mais la journée d'un cheval ordinaire varie de 4 à 6 francs tandis que le cheval-vapeur d'une locomobile ordinaire ne coûte pas beaucoup plus de 3 francs.

Le manège à chevaux, bien supérieur à la manivelle à hommes, au point de vue économique, est donc lui-même très inférieur à la machine à vapeur, mais à condition, bien entendu, qu'il s'agisse d'un travail continu. Sinon, le manège reprend l'avantage.

2° Moteurs aériens ; moulins à vent. — Les moteurs aériens conviennent fort bien pour les petites alimentations d'eau. Ils ont reçu de grandes applications à l'étranger et se développent beaucoup

en France ; aussi leur avons-nous consacré un chapitre spécial. Il ne faudrait cependant pas que l'engouement public dépassât la mesure en cette matière et que, invoquant l'exemple de l'Amérique, on voulût couvrir la France de moulins à vent. — Nous avons bien des régions où les vents ne sont ni fréquents ni puissants, et où l'installation des moteurs aériens ne peut conduire qu'à des mécomptes.

3° Moteurs hydrauliques. — Les pompes et appareils élévatoires ne fonctionnent bien, en général, qu'avec une vitesse faible ou modérée. A ce point de vue, les moteurs hydrauliques leur conviennent et peuvent quelquefois entrer avec eux en connexion directe.

Le plus ancien moteur hydraulique est la roue ; l'eau y agit soit par sa force vive, soit par son poids ; les appareils à meilleur rendement sont ceux où l'action par poids prédomine, telles les roues de côté à marche lente dites roues Sagebien. Le rendement peut dépasser dans les roues 0,80, mais alors la vitesse tombe à un tour et demi et deux tours par minute, et il est nécessaire d'interposer un engrenage entre l'arbre de la roue et celui des pompes.

Les roues pendantes et les roues en dessous à aubes planes sont à rejeter à cause de leur rendement insignifiant.

La roue Poncelet, ou roue en dessous à aubes courbes, a disparu ; elle donnait un rendement de 0,60.

La roue en dessus, à augets, est aussi un bon instrument pour une chute régulière à faible débit et à grande hauteur ; son rendement peut atteindre 0,70 lorsque sa vitesse ne dépasse pas 4^m,50 à la circonférence ; elle a l'avantage de pouvoir actionner directement les pompes.

Lorsqu'on établit une distribution d'eau avec moteur hydraulique, il arrive le plus souvent qu'on achète une usine existante ; on en utilise le moteur tel qu'il se trouve et on dispose les pompes en conséquence.

Mais il est clair que, si on est libre dans le choix du moteur et qu'il y ait avantage à utiliser la chute le mieux possible, ce qui est le cas ordinaire, il faut recourir à un moteur perfectionné comme la roue de côté à marche lente et mieux comme la turbine.

La turbine, qui utilise à la fois la force vive et la réaction de l'eau, est le meilleur récepteur hydraulique, celui qui convient le mieux à tous les usages et qui peu à peu remplace les autres dans toutes les exploitations importantes.

La turbine a pour ancêtres les anciennes roues horizontales, telles que la roue à coquilles ou à cuiller, la roue à cuve, la roue à réaction ou tourniquet hydraulique ; la roue à réaction d'Euler a reçu des

applications nombreuses à la fin du siècle dernier. La Danaïde, construite par Hachette en 1813, se rapproche le plus de la turbine actuelle, mais c'est l'ingénieur des mines Burdin qui, en 1824, a réalisé le plus grand progrès en adoptant les aubes courbes, et a donné à l'appareil le nom de turbine. Fourneyron, Fontaine, Jonval, Kœchlin, Girard et Callon sont les auteurs des principaux perfectionnements. Les constructeurs de turbines sont aujourd'hui très nombreux et il existe beaucoup de bons modèles de ce moteur, composé en principe de deux couronnes à aubes courbes, l'une fixe qui reçoit et dirige le courant, l'autre mobile qui en utilise la puissance.

Voici la classification des turbines :

A. Turbines *radiales* ; les deux couronnes sont dans un même plan perpendiculaire à l'axe de rotation, elles sont intérieures l'une à l'autre ; suivant que le courant liquide s'éloigne ou se rapproche de l'axe de rotation, ou suivant que la couronne mobile est extérieure ou intérieure, la turbine est *centrifuge* ou *centripète* ; les américains donnent la préférence à cette dernière, turbines Victor et Hercule ;

B. Turbines *axiales* ou *parallèles* ; les deux couronnes ne sont pas dans le même plan, elles sont superposées, l'eau se meut sur des surfaces cylindriques ayant pour axe l'axe de rotation ;

C. Turbines mixtes, dans lesquelles le courant ne se meut ni perpendiculairement, ni parallèlement à l'axe de rotation ; elles sont peu nombreuses, sauf en Amérique où l'on donne parfois aux aubes une forme hélicoïdale.

L'axe de rotation peut être horizontal ou vertical, mais la position verticale est la plus fréquente, car elle offre de sérieux avantages pour l'équilibre.

La turbine, quoique plus délicate et plus difficile à construire que la roue, a de grands avantages : elle se prête à la variation du débit et de la chute sans cesser de fonctionner dans des conditions acceptables, elle admet des variations de vitesse ; la turbine à axe vertical, noyée ou non, utilise toujours toute la chute ; elle reçoit des actions symétriques, et ses organes ne sont pas soumis à d'incessantes variations d'efforts comme ceux des roues ; pouvant admettre l'eau par toute sa circonférence, elle utilise tout son développement et ses dimensions sont relativement inférieures à celles des roues ; elle est susceptible d'une vitesse quelconque, et cette vitesse peut être proportionnée à celle qu'exigent les machines à mouvoir.

La turbine Fourneyron est le type des machines radiales et la turbine Fontaine est celui des machines axiales ou parallèles.

Chacun des espaces compris entre deux aubes consécutives de la couronne constitue un orifice spécial et distinct pour l'écoulement de

l'eau ; afin de parer aux variations du débit, chacun de ces orifices est muni d'une vanne qui règle l'ouverture de l'entrée. L'ensemble de ces vannes élémentaires constitue le vannage, organe essentiel de la turbine ; aux petites vannes isolées primitives, on a substitué des systèmes de vannage à commande unique, qui conservent exactement l'équilibre de l'appareil et qui répartissent le courant symétriquement sur toute la couronne. Plusieurs systèmes ingénieux ont été imaginés à cet effet, notamment le vannage à rouleaux de la maison Brault. On s'est préoccupé aussi de réduire au minimum les pertes de force vive à l'entrée, à la sortie et pendant le parcours des aubes ; M. Schabaver s'est attaché à ce perfectionnement.

En résumé, la turbine est le moteur habituel à adopter pour les distributions d'eau lorsqu'on n'utilise pas une installation préexistante. Son rendement peut s'élever à 0,80 ; il est de 0,60 pour les grandes vitesses. Elle est seule applicable pour les grandes chutes, supérieures à 8 mètres, et pour les petites, inférieures à 0^m,60 ; mais elle convient à tous les cas, surtout lorsqu'il y a des variations dans le débit et dans la chute.

Servo-moteur pour machines hydrauliques. — Dans les machines à vapeur, le régulateur à boules règle le travail du moteur suivant la résistance ; il suffit à ce régulateur de produire le faible effort nécessaire pour actionner une valve de vapeur. Dans les machines hydrauliques, l'effort nécessaire pour manœuvrer les vannes est toujours considérable et ne peut être demandé qu'à un mécanisme intermédiaire. On a essayé plusieurs de ces mécanismes : le meilleur semble être le servo-moteur hydraulique Piccard ; le régulateur à boules agit sur un petit piston dont les oscillations règlent le mécanisme d'un piston différentiel, dont une tête communique soit avec l'atmosphère, soit avec de l'eau comprimée, l'autre face étant toujours en contact avec l'eau comprimée. C'est ce piston différentiel qui agit sur le vannage.

Dans les distributions d'eau régulières, les variations sont, du reste, peu considérables.

4° Machines à vapeur. — Le travail à demander aux moteurs pour distributions d'eau est essentiellement constant ; de plus, malgré l'accroissement de la vitesse moyenne du piston dans les pompes modernes, cette vitesse, comme nous l'avons vu, ne dépasse pas 1 mètre avec les pistons ordinaires et 2 mètres avec les pistons plongeurs, ce qui conduit à éliminer les moteurs à grande vitesse lorsqu'on veut leur faire commander directement les pompes, chose éminemment désirable pour l'économie, la simplicité des installations et le bon rendement des mécanismes.

Quelques appareils élévatoires anciens ont encore pour moteur la machine *de Cornouailles* à balancier, avec tige de pompe pesante que la vapeur soulève et qui retombe par son propre poids en refoulant l'eau ; cette lourde machine est abandonnée par les constructeurs modernes.

La *machine à balancier* s'établit encore, quoiqu'elle ait aussi tendance à disparaître ; elle a l'avantage d'actionner facilement deux pompes verticales à simple effet, situées symétriquement sur l'un et l'autre bras du balancier ; l'ensemble de ces deux pompes à simple effet donne un système à double effet. Le fonctionnement en est bon et régulier avec une commande directe, mais la masse du moteur est considérable, la machine coûte cher et exige des fondations vigoureuses.

Aussi lui a-t-on préféré souvent une *machine ordinaire*, horizontale ou verticale, à marche relativement rapide, actionnant les pompes par l'intermédiaire d'un *engrenage réducteur* ; il y a deux arbres distincts, l'un pour le moteur, l'autre pour les pompes. Un volant convenable régularise le travail et permet d'utiliser la détente, qui peut être fixe, vu la constance du travail à produire, mais on se ménage d'ordinaire la possibilité de la rendre variable, et on installe presque toujours un régulateur quoiqu'il ne soit pas nécessaire.

Aujourd'hui, ce sont les *machines à commande en tandem* qui constituent la meilleure solution. On a donc une machine à vapeur horizontale actionnant en *tandem* des pompes à double effet dont la hauteur d'aspiration est limitée et invariable ; l'arbre commun du cylindre à vapeur et des pompes principales actionne, si c'est nécessaire, par bielle et manivelle, un arbre secondaire qui commande des *pompes nourricières*, pompes verticales, logées dans un puits, presque toujours noyées et n'agissant que comme pompes foulantes destinées à amener l'eau dans le bassin d'alimentation des pompes principales.

On réalise le maximum de simplicité et d'économie lorsqu'on peut éviter tout intermédiaire entre la machine à vapeur et la pompe et mettre les deux pistons dans le prolongement l'un de l'autre sur un même axe horizontal. Mais, comme il faut que le plancher de l'usine soit au-dessus des plus hautes eaux de crue et qu'il faut en outre que l'aspiration des pompes ne dépasse guère 8 mètres, il peut arriver que ces conditions soient inconciliables.

On est amené alors à recourir à des pompes verticales logées dans un puits ou, si l'on veut conserver les pompes horizontales à commande directe, il faut recourir à des *pompes nourricières* qui sont verticales et dont le rôle se borne à aspirer l'eau pour l'élever dans une bêche placée au-dessous du sol de l'usine.

La nécessité de ne point dépasser la vitesse permise aux pompes conduit à *limiter à 30 tours* au plus par minute la vitesse du moteur, dans le cas de commande directe.

Enfin, on peut recourir à la *commande absolument directe*, c'est-à-dire monter sur la même tige le piston du moteur et celui de la pompe, sans intervention de bielle, de manivelle et de volant. Le jeu du tiroir est alors réglé par la tige elle-même des cylindres, du moins dans les appareils de faible puissance ; dans les appareils de grande puissance, on a recours à un petit cylindre auxiliaire pour la manœuvre du tiroir. Dans les appareils Worthington, deux groupes semblables de moteur et de pompe sont juxtaposés et se commandent réciproquement ; lorsqu'un piston moteur est au milieu de sa course, l'autre est à l'origine et le premier lui ouvre l'admission de la vapeur, ce qui équivaut à un parfait calage de deux manivelles à angle droit. Ce système de commande directe n'admet point une détente prolongée et consomme par conséquent beaucoup de vapeur, à moins que l'on ne monte sur le premier cylindre à vapeur un second cylindre en tandem où se fait la détente.

Insister sur ces divers systèmes nous conduirait trop loin ; nous aurons l'occasion, du reste, d'en donner des exemples.

Nous rappellerons seulement la classification des machines à vapeur perfectionnées ; on distingue le système de Woolf, le système Compound et le système Corliss.

La *machine Woolf* est à deux cylindres : un grand et un petit. La vapeur est admise et fonctionne à pleine pression dans le petit, d'où elle passe dans le grand cylindre pour y agir par détente ; le calage des deux manivelles est le même. On a perfectionné le système et on a évité la chute brusque de pression de la vapeur, en limitant l'admission de la vapeur dans le petit cylindre à une partie de la course et en y commençant la détente. La machine Woolf a réalisé un grand progrès en introduisant les longues détentes et en réduisant les espaces morts. Depuis qu'on a augmenté les pressions initiales de la vapeur, il y a même avantage à produire la détente dans plus de deux cylindres successifs : aussi les appareils à *triple expansion* entrent-ils dans la pratique et rien n'empêche de prévoir ceux à quadruple effet.

Dans le *système Compound*, il y a encore détente dans deux, parfois dans trois cylindres successifs ; mais le passage de la vapeur ne se fait pas directement d'un cylindre à l'autre, il existe un réservoir intermédiaire où la vapeur s'emmagasine jusqu'au moment où le grand cylindre doit la recevoir ; les manivelles des deux cylindres sont calées à 90°.

Le *type Corliss* est à un seul cylindre ; ce qui le caractérise c'est le

mode d'introduction et d'expulsion de la vapeur, il n'y a pas un tiroir unique exposé à des variations de température sur ses deux faces, entraînant des condensations et des pertes de chaleur; l'introduction s'opère sans étranglement, par une section à chaque instant proportionnelle au volume élémentaire décrit par le piston, et l'admission est fermée instantanément au moment voulu. Il y a quatre tiroirs plans : deux pour l'admission, deux pour le refoulement. Les espaces morts sont réduits à une fraction très faible de la valeur qu'ils prennent dans les machines ordinaires à cylindre unique. Ces précautions expliquent les résultats économiques du système Corliss, qui a sur les deux autres l'avantage de la simplicité.

Les indications générales qui précèdent suffiront à guider l'ingénieur dans le choix des machines à vapeur.

On a parfois l'habitude de choisir une machine trop puissante; on veut ainsi ménager l'avenir; c'est chose louable sans doute, mais qui a de graves inconvénients, car elle conduit à réduire outre mesure le temps de marche, ou à diminuer la pression, ou à augmenter la détente, ce qui change les conditions d'un bon fonctionnement.

Il faut tenir surtout, notamment dans les installations ordinaires, à une machine relativement simple, bien construite, facile à conduire, installée largement, n'exposant les hommes à aucun danger.

Du double système de machines. — En France, c'est une règle d'établir un double système d'appareils élévatoires, particulièrement lorsqu'il s'agit de machines à vapeur. Cette règle se justifie par les inconvénients énormes qu'entraînerait la suspension de l'alimentation d'eau d'une ville.

Cependant, on ne la pratique pas dans l'industrie et elle est trop absolue, quand il s'agit de machines qui ne doivent pas fonctionner jour et nuit d'une manière ininterrompue; certaines machines n'ont jamais de service de nuit et ne fonctionnent même que quelques heures par jour en hiver. On peut donc, à la rigueur, trouver le temps nécessaire pour les nettoyer et même pour les réparer, car il est rare que les avaries soient instantanées.

Dans ce cas, l'installation d'un double générateur suffirait et on réserverait dans l'usine la place future pour un second moteur.

Il va sans dire toutefois que cette solution n'est recommandable que si l'économie de premier établissement s'impose et si l'on a sous la main les moyens d'effectuer rapidement les réparations.

Dans les bourgs et villages, il faut accepter les inconvénients du système unique, car, pour se mettre à l'abri de tout danger d'interruption,

on engagerait une dépense trop grosse et on rendrait impossible un progrès désiré.

Dépenses de premier établissement et d'exploitation des machines à vapeur. — Ces dépenses, surtout celles de premier établissement, sont nécessairement variables suivant les cas ; nous en rencontrerons plus loin quelques exemples.

Pour le moment, nous citerons divers chiffres indiqués par M. Ed. Sauvage (*Les divers types de moteurs à vapeur*).

Il estime qu'une grande machine à vapeur est destinée à durer une trentaine d'années et une chaudière 20 ans ; au taux de 5 0/0 il faut donc compter, pour intérêt et amortissement, au moins 8 0/0 du capital de premier établissement, et dans ce capital il faut comprendre les bâtiments qui, s'ils durent plus longtemps que les machines, exigent un entretien assidu.

Machine d'un cheval effectif. — Toute montée, elle coûte 2 000 francs. Elle consomme : 5 kilogrammes de charbon à l'heure, plus 10 kilogrammes par jour pour allumage, et 30 litres d'eau par heure. La dépense de main-d'œuvre est variable suivant que le mécanicien peut, ou non, s'occuper à autre chose ; il faut qu'il consacre à sa machine environ le tiers de son temps ; il faut compter en outre 0^{fr},015 d'huile et matières accessoires à l'heure et 0^{fr},015 de menues réparations.

Un travail de 10 heures par jour, 300 jours par an, coûte donc :

Intérêt et amortissement.....	0 fr. 55
Charbon, 50 kilogrammes à 40 francs la tonne.....	2 »
Main-d'œuvre..... variable.	
Graissage, eau, etc.....	0 30
TOTAL.....	2 fr. 85

Soit 0^{fr},29 par cheval-heure, non compris la main-d'œuvre ; s'il faut un mécanicien spécial à 5 francs par jour, la dépense s'élève beaucoup.

Machine de 5 à 10 chevaux effectifs locomobile ou demi-fixe. — Cette machine coûtera toute installée 4 000 ou 5 500 francs ; elle occupera une surface de 10 mètres carrés et un bâtiment de 500 francs lui suffira.

Consommation de charbon : 3^{kg},5 et 3 kilogrammes par cheval-heure, plus 30 et 40 kilogrammes pour l'allumage. Dépense d'eau : 20 litres par cheval-heure.

Pour 300 jours de marche par an, la dépense par journée de dix heures s'établit comme suit :

	MACHINES			
	de 5 chevaux		de 10 chevaux	
Intérêt et amortissement.....	1	fr. 20	1	fr. 60
Charbon à 30 francs la tonne, 245 kilogrammes et 340 kilogrammes par jour.....	6	45	10	20
Main-d'œuvre, un mécanicien à 5 francs.....	5	»	5	»
Huile et divers	1	50	2	50
TOTAL	14	fr. 15	19	fr. 30

Prix de revient: 0^{fr},28 et 0^{fr},193 par cheval-heure.

A la rigueur, le conducteur peut consacrer la moitié de son temps à une autre besogne.

Machine de 50 chevaux effectifs. — 1^o Machine Corliss avec chaudière séparée.

La machine coûtera 21'000 francs, se décomposant comme suit :

Machine seule.....	13 500 fr.
Fondations.....	1 500
Montage	700
Transmission	1 800
Tuyauterie et annexes.....	2 300
Divers.....	1 200
La chaudière installée coûtera	11 000 fr.
Plus pour condenseur et prise d'eau.....	3 000
TOTAL.....	35 000
Bâtiments: 60 mètres carrés plus la cheminée.....	5 000
TOTAL GÉNÉRAL.....	40 000 fr.
Charge annuelle correspondante.....	3 200 fr.

La machine consommera 1^{kg},7 par cheval-heure plus 120 kilogrammes par jour pour allumage ; on peut avoir l'huile à 0^{fr},05 les 100 grammes, mais il faut ajouter autant pour chiffons et matières diverses ; 300 litres d'eau par cheval-heure, dont il faut tenir compte si on doit la payer.

La dépense par journée de 10 heures, pour 300 jours de travail par an, s'établit donc comme il suit :

Intérêt et amortissement.....	10 fr. 65
Charbon, 970 kilogrammes par jour, à 30 francs la tonne.....	29 10
Huile et divers.....	1 »
Entretien et réparations courantes.....	5 »
Eau..... pour mémoire.	
Mécanicien-chauffeur.....	6 »
TOTAL	51 fr. 75

Ou en nombre rond, 0^{fr},10 par cheval-heure.

La suppression de la condensation économiserait un capital de 3 000 francs, réduirait la consommation d'eau de 300 à 14 litres par cheval-heure, mais la consommation de combustible passerait de 1^{kg},7 à 2^{kg},2 par cheval-heure.

Machine de 100 et 500 chevaux effectifs. — La machine de 100 chevaux sera une Corliss horizontale à condensation, avec chaudière unique semi-tubulaire, de 120 mètres carrés de surface de chauffe, brûlant 1^{kg},5 de charbon par cheval-heure, plus 200 kilogrammes par jour pour allumage ; les dépenses de graissage et divers sont les mêmes qu'avec le moteur précédent. Il faut compter 1 homme et demi par jour.

Pour 500 chevaux, machine compound horizontale à deux cylindres, avec quatre chaudières, dont une de rechange, de 200 mètres carrés de surface chacune ; il faut compter quatre hommes pour le service. Consommation : 1 kilogramme par cheval-heure, plus l'allumage.

DÉPENSES DE PREMIER ÉTABLISSEMENT :

	100 chevaux	500 chevaux
Machine seule.....	20 000 fr.	70 000 fr.
Fondations.....	2 300	8 000
Montage.....	1 200	4 000
Transmission, câbles.....	2 500	6 000
Tuyauterie et annexes.....	3 500	9 000
Divers.....	2 500	3 500
Condenseur et prise d'eau.....	4 000	10 000
Chaudières complètes.....	15 000	75 000
Bâtiments (90 et 250 mètres carrés), cheminées.....	9 000	20 500
TOTAL.....	60 000 fr.	206 000 fr.

DÉPENSE DE MARCHÉ PAR JOURNÉE DE DIX HEURES, 300 JOURS PAR AN :

	100 chevaux	500 chevaux
Intérêt et amortissement.....	16	53
Combustible à 20 francs la tonne.....	34	103
Huile et divers.....	2	10
Eau à 1 centime le mètre cube.....	3	13
Main-d'œuvre.....	7	20
Entretien.....	8	35
TOTAL.....	70	238

Ou en nombre rond 0^{fr},07 et 0^{fr},05 par cheval-heure.

5° **Machines diverses.** — Nous ne pouvons que signaler ici l'application de divers moteurs aux élévations d'eau.

Les *moteurs électriques* peuvent être utilisés pour transporter une

puissance hydraulique, disponible loin des sources, à l'emplacement même des sources où l'on installe les pompes. Nous ne connaissons point d'exemple de ce transport de force. — Il ne peut être économique et utilisable que dans des cas exceptionnels.

Les *moteurs à gaz* peuvent rendre des services, notamment comme machines de secours, ou pour desservir un quartier élevé de peu d'importance ; ils exigent des engrenages intermédiaires et un volant régulateur.

Vu le prix ordinaire du gaz, ces machines paraissent assez coûteuses au premier abord ; mais, si on réfléchit qu'elles n'exigent rien pour l'allumage, qu'elles se passent de générateur, et que l'ouvrier qui les conduit peut, en conséquence, faire autre chose, on reconnaît qu'elles sont susceptibles d'un emploi avantageux, surtout lorsqu'on peut obtenir le gaz à un prix raisonnable. — Nous estimons que les machines à gaz, comme celles à pétrole, peuvent être appliquées avantageusement aux distributions d'eau dans les bourgs et aussi aux distributions d'eau à service intermittent. Toujours prêtes à fonctionner, elles sont précieuses en cas d'incendie et permettent d'adopter des réservoirs de capacité restreinte. — Il faut ajouter à ces avantages celui de n'occuper qu'un emplacement limité, nouvelle cause de diminution de la dépense de premier établissement. — En Allemagne, quelques grandes villes ont adopté des moteurs à gaz pour leur distribution d'eau ; les résultats obtenus ont été très satisfaisants, même au point de vue économique.

Par cheval-heure la consommation d'un moteur à gaz varie de 0^m,8 à 1^m,2 suivant la puissance ; il faut toujours une transmission intermédiaire par roues dentées, parce que le moteur fait 140 à 200 tours à la minute. — Il faut compter par cheval-heure une consommation de 40 litres d'eau froide.

Les *moteurs à pétrole*, qui, dans ces dernières années, ont fait de grands progrès, peuvent être applicables à de petites installations dans les bourgs et villages, dans les établissements particuliers.

Ces deux genres de moteurs ont l'avantage d'être faciles à loger et à conduire, mais ils sont d'ordinaire plus délicats à entretenir et à réparer que les moteurs à vapeur.

Tous ces moteurs à gaz, à pétrole, à gazogène dérivent de la machine à air chaud ; mais, au lieu de transmettre la chaleur à l'air au moyen d'un foyer, on mélange directement à l'air dans un cylindre le combustible à l'état de poussière, ou de liquide pulvérisé, ou de gaz ; il se produit, au contact d'une étincelle électrique ou d'une flamme permanente, une combustion brusque, une sorte d'explosion, et la puissance ainsi produite est transmise au piston. — Les moteurs à gazogène ont

été appliqués dans ces derniers temps à quelques distributions d'eau.

Les machines de ce genre sont à l'ordre du jour ; elles se perfectionnent et se développent. Pour les appliquer à des élévations d'eau, il faut se préoccuper avant tout de renfermer la vitesse des pompes dans les limites pratiques.

Petits moteurs à pétrole. — Nous devons attirer particulièrement l'attention sur les petits moteurs à pétrole, qu'on a beaucoup perfectionnés dans ces derniers temps et qui sont appelés à rendre de grands services pour l'alimentation d'eau des bourgs, des villages et des grands établissements. Ils n'exigent pas de mécanicien spécial et peuvent fonctionner d'une manière intermittente, suivant les besoins.

Ces petits moteurs consomment par cheval 4 à 6 décilitres de pétrole de densité $0^{\text{kg}},820$, soit environ *un demi-litre de pétrole* par cheval-heure.

Un moteur de 3 chevaux de force effective, qui peut convenir dans bien des cas, coûte 2 000 francs.

Les moteurs de 1/2 cheval, 1 cheval, 2 chevaux pèsent 60, 110, et 220 kilogrammes, et font de 700 à 550 tours à la minute. Ils exigent donc un engrenage intermédiaire pour actionner les pompes.

Moteurs au gaz pauvre. — Les moteurs au gaz pauvre sont applicables aux distributions d'eau comme à l'industrie. Nous aurons à citer l'application qui en a été faite pour l'alimentation de Laval et pour celle d'Eu-le-Tréport.

Du contrôle de la marche des machines. — Dans un service bien dirigé, il importe de tenir un compte matériel et moral du fonctionnement des machines.

Un relevé exact de la consommation du combustible, de l'huile et des matières diverses doit être constamment tenu à jour ; c'est le seul moyen de réprimer le coulage et le gaspillage et de reconnaître les imperfections accidentelles du mécanisme.

Un *compteur de tours* doit être installé sur l'arbre des pompes ; en cas de commande directe, il est actionné par la tige du moteur et peut indiquer le nombre de coups de pistons simples ou doubles. Les expériences d'essai ont fait connaître le volume d'eau qui correspond à chaque tour ou à chaque coup de piston ; il convient de renouveler ces expériences de temps en temps, car le rendement des pompes peut varier suivant l'état des pistons et des soupapes.

Le *compteur de tours enregistreur* est meilleur encore que le compteur ordinaire ; il n'y a qu'à changer le diagramme tous les huit jours et à remonter le mouvement d'horlogerie.

Un *manomètre* installé à la base du refoulement donne à chaque

instant la pression totale exprimée en mètres de hauteur d'eau; cette pression comprend la différence d'altitude entre la pompe et le réservoir plus la hauteur due à la perte de charge; l'aiguille de ce manomètre oscille sans cesse autour de sa position, mais l'amplitude des oscillations est d'autant moindre que la pression est mieux régularisée par le jeu des pompes et par le réservoir à air.

Au manomètre ordinaire on pourrait avec avantage substituer un manomètre enregistreur.

Avec ces relevés, on connaît à chaque instant le travail produit, mesuré en eau montée, et on peut mettre en regard les dépenses de combustible et autres.

Si, de plus, on enregistre à chaque instant le niveau de l'eau dans le réservoir supérieur, on connaît constamment l'afflux d'eau et la dépense immédiate et réelle, et l'on peut établir les variations de la consommation suivant les saisons, les jours et les heures. Malheureusement tous ces calculs si simples sont absolument négligés en France dans la plupart des distributions d'eau.

B. — POMPES ORDINAIRES; PETITES INSTALLATIONS DE MACHINES ÉLÉVATOIRES

Il est impossible, on le comprend, de spécifier les prix de diverses pompes, car il y a autant de solutions que d'espèces. Dans chaque cas, la profondeur d'aspiration ou de refoulement varie; le débit lui-même varie avec la nature du moteur.

Lors donc que l'on a une pompe à installer, le mieux est de soumettre aux constructeurs de la région les dispositions du puits, les hauteurs d'aspiration et de refoulement, le débit à obtenir, et de leur demander des propositions fermes. Il convient de les charger non seulement de la fourniture, mais encore de la mise en place et de spécifier un certain délai et une retenue de garantie afin de parer aux éventualités.

Il faut, cela va sans dire, que la machine élévatoire soit appropriée au moteur. Nous avons vu plus haut, en parlant des divers moteurs, qu'un *homme travaillant avec une manivelle* peut exercer un effort continu de 9 kilogrammes avec une vitesse de 0,60, soit un travail mécanique de 5,4 kilogrammètres; si la machine a un rendement de 40/0, le travail utile ne dépasse pas 2 kilogrammètres, ce qui correspond à 0^{lit},1 d'eau, élevé à 20 mètres de hauteur, soit 6 litres à la

minute, 360 litres à l'heure; encore faut-il tenir compte du poids du piston.

Le travail de la journée de huit heures ne peut dépasser 155 000 kilogrammètres, ce qui, avec le même rendement donnera 62 000 kilogrammètres de travail utile, soit 3 100 kilogrammes élevés à 20 mètres de hauteur.

Un cheval, au manège, exerce une traction de 45 kilogrammètres à la vitesse 0^m,9, soit un travail moteur de 40,5 kilogrammètres; avec le rendement de 40 0/0, qui n'est pas toujours réalisé, on ne peut compter sur un effet utile que d'environ 20 kilogrammètres, soit 1 litre d'eau élevé à 20 mètres de hauteur, ou 3 600 litres à l'heure.

Dès que ce travail doit être dépassé, il faut recourir à un petit *moteur à vapeur, à gaz ou à pétrole*.

Les petits *moteurs à pétrole*, comme nous le disions tout à l'heure, paraissent appelés à un certain développement; ils sont toujours prêts à fonctionner, n'exigent pas de foyer, et l'on trouve partout le combustible; ils peuvent donc rendre des services pour les petites agglomérations, les bourgs et les villages. Exemple:

Un moteur à pétrole de 4 chevaux coûte 3 000 à 4 000 francs; il faut compter 10 0/0 par an d'intérêt et d'amortissement, de sorte que la dépense journalière s'établit comme il suit:

Intérêt et amortissement.....	1 fr.
Pétrole, 15 kg. à 0 fr. 40 pour 10 heures de travail....	6 fr.
Huile, graisses, chiffons.....	0 fr. 15
TOTAL.....	7 fr. 15

non compris le mécanicien.

Il faut ajouter à la dépense première la pompe et le réservoir, s'il est nécessaire; le travail en eau montée pourra avec cette machine s'élever à 120 kilogrammètres, et si la hauteur totale d'élévation est de 30 mètres, on pourra monter 4 litres à la seconde; la pompe avec ses accessoires peut être établie pour 2 000 francs. Il faut ajouter les transmissions, les tuyaux en dehors du puits et le réservoir dont le prix est très variable.

Les pompes ordinaires, à manivelles et volant, ont d'ordinaire une course de 0^m,30 et peuvent faire au maximum 30 tours à la minute; le diamètre du piston varie de 0^m,06 à 0^m,16; le corps de pompe seul coûte 150 à 400 francs; il faut compter de 6 à 15 francs le mètre de tuyau d'aspiration et de refoulement, 4 à 9 francs le mètre de tige de manœuvre, 20 à 80 francs le clapet crépine d'aspiration en cuivre, 60 à 170 francs le récipient à air en fonte avec clapet de retenue. Ce sont les prix de la maison Letestu.

Pour les grandes profondeurs, on se sert de pompes à trois corps, actionnées par un arbre vilebrequin, ou par trois pignons solidaires à manivelles ; le mécanisme seul coûte 1 100 à 1 500 francs pour des profondeurs de 8 à 20 mètres.

Prix d'une installation pour alimentation de station, machine à vapeur de 3 chevaux de force. — Comme type susceptible d'application dans un bourg de quelque importance, voici ce que coûte une *alimentation par pompe à vapeur* dans une station :

Bâtiment de la machine.....	6 800 fr.
Aqueduc filtrant de prise d'eau.....	320
Machine demi-fixe de 3 chevaux avec accessoires.....	4 000
Pompes, transmissions et accessoires.....	4 000
Outillage et divers.....	400
Tour support en maçonnerie du réservoir.....	6 000
Réservoir en tôle de 150 mètres cubes, avec accessoires..	5 000
Somme à valoir.....	1 000
TOTAL.....	28 360 fr.

L'évaluation précédente est susceptible de modifications suivant les cas et se prête à des économies.

Petites machines élévatoires sur puits, avec cuves-réservoirs. — Les petites installations en usage sur les chemins de fer pour l'alimentation des gares peuvent être imitées, avec quelques modifications, pour l'alimentation des bourgs et villages.

La planche 30, figures 1 à 4, donne par exemple un type de machines élévatoires avec cuve en tôle de 50 mètres cubes appartenant à la Compagnie du Nord.

Une machine à vapeur, locomobile ou demi-fixe, ou une machine verticale, ou une machine à gaz, de quelques chevaux de force, est installée dans un bâtiment annexe de la tour qui surmonte le puits ; cette tour porte la cuve et abrite la pompe. Il faut toujours réduire dans une proportion plus ou moins grande, soit par la transmission, soit par des engrenages, la vitesse de la machine motrice ; si elle fait 100 tours à la minute par exemple, comme la pompe n'en doit guère faire plus de 20, il faudra réduire la vitesse dans le rapport de 4 à 5.

Dans le type représenté, le cube de la maçonnerie de briques au-dessus de la fondation est de 21^m,60, et la charge à la base, le réservoir étant plein, atteint 2^{kg},3 par centimètre carré, déduction faite des évidements.

Parfois, on pourra profiter d'une vieille tour, d'un bâtiment solide pour installer le réservoir, ce qui diminuera d'autant la dépense. Pour une alimentation autre que celle d'un chemin de fer, il convient de loger la cuve dans une enveloppe en briques avec toiture, ou dans une enveloppe en charpente et menuiserie. On met ainsi la cuve à l'abri du froid et de la chaleur ; le refroidissement n'est cependant pas très à redouter, lorsqu'on a un écoulement continu et que la cuve est couverte. Mais on pare à tout incident en ne laissant pas la cuve à ciel ouvert, car il est facile de bourrer des matières isolantes entre elle et son enveloppe, si le climat l'exige.

Exemples divers de petites installations. — La figure 3, planche 29, indique la disposition générale d'une prise d'eau dans un réservoir à ciel ouvert alimenté par une source ou une rivière ; le produit de la source s'emmagasine dans le réservoir dont la capacité est suffisante pour conserver à peu près tout le débit même pendant les chômages de la machine, qui durent parfois plusieurs jours consécutifs. Cependant le réservoir est muni d'un déversoir de superficie. Une machine à vapeur de 6 chevaux, faisant 100 tours à la vitesse normale, actionne deux pompes élévatoires conjuguées débitant 25 mètres cubes à l'heure ; la machine est unique, mais elle est flanquée de deux chaudières de chacune 6 chevaux, fonctionnant alternativement.

En admettant que le double moteur soit nécessaire pour une alimentation urbaine, ce qui n'est pas toujours démontré, on peut s'en passer d'ordinaire pour une alimentation de gare.

La figure 1, planche 29, montre la disposition d'une prise d'eau dans un puits de 20 mètres de profondeur avec refoulement dans un réservoir en tôle de 50 mètres cubes de capacité, porté sur une tour en maçonnerie de 6 mètres de hauteur ; la tour abrite le puits et la machine à vapeur verticale. La machine, de la force de 2 chevaux, fait 100 tours à la minute ; l'arbre des pompes ne fait que 25 tours et le débit des deux pompes conjuguées peut s'élever à 10 mètres cubes à l'heure.

La figure 2, planche 29, indique une prise d'eau dans un puits ordinaire de faible profondeur avec pompe à bras. Cette pompe à bras est à volant et manivelle, à double effet avec deux pistons mobiles dans le même corps, du type que nous avons précédemment décrit ; les pistons ont 0^m,10 de diamètre et 0^m,70 de course et la manivelle peut faire 45 tours à la minute. Si la chose est nécessaire pour permettre l'afflux de l'eau, on peut construire la partie inférieure du puits en maçonnerie de pierres sèches ; l'exécution de cette maçonnerie

rie exige un certain soin, afin que l'ensemble reste solide ; si on n'a pas de gros moellons équarris à sa disposition, mieux vaut recourir à une maçonnerie cimentée avec barbacanes (Voir d'autres installations : figures 5 et 6, planche 29, 1 et 2, planche 27).

Installation avec manège. — Voici une installation faite par M. Gandillon, constructeur à Senlis, qui peut convenir pour de petites communes, bien qu'en principe il vaille mieux recourir à un moteur à vapeur ou à pétrole ; les manèges, en effet, à moins qu'on ne leur affecte toujours le même homme et le même cheval, bien habitué à ce genre de travail, redoutent beaucoup les chocs et les à-coups ; ils donnent lieu à de fréquentes réparations, lorsqu'ils sont confiés à des gens peu soigneux ou actionnés par des animaux d'allure irrégulière.

Le mécanisme du manège, à organes symétriques, est logé dans une boîte en fonte et soustrait à toutes les poussières qui rendent si précaire le rendement de ces appareils. Le cheval faisant trois tours par minute imprime quarante-huit tours à l'axe horizontal de transmission qui va du manège au puits ; cet axe fait faire vingt-quatre tours par minute aux excentriques qui, placés au sommet du puits, commandent la pompe à trois corps en bronze, logée au fond du puits. Les clapets de pied et d'aspiration sont en cuir, ainsi que ceux des pistons et du refoulement ; mais, pour des profondeurs de plus de 20 mètres, il convient de recourir à des pompes à piston plongeur renversé ; le piston plongeur refoule pendant son mouvement ascensionnel et aspire à la descente ; de la sorte sa tige motrice est moins exposée au flambage par effort de compression.

Les pistons ont $0^m,10$ de diamètre, $0^m,50$ de course ; avec un rendement en volume de 0,9, on a un débit de 3 150 litres à l'heure et un travail utile en eau montée de 23,6 kilogrammètres à la seconde, la hauteur totale d'élévation étant de 27 mètres.

La pompe et le manège, avec l'échelle en fer pour les puits, les tôles striées recouvrant le puits et le caniveau de l'axe de transmission ont coûté 2 000 francs ; le réservoir de 6 mètres cubes, avec pylone de 6 mètres de hauteur, a coûté 1 250 francs, le tout non compris les maçonneries et le puits.

Pompes sur puits avec machine à vapeur pour bourg de 800 habitants. — Le même constructeur a présenté, pour le bourg de Bonneuil (Oise), un projet d'alimentation avec petite machine à vapeur. Le bourg comprend une partie basse de sept cents habitants et une partie haute de cent habitants. A la première on attribue 39 mètres cubes par jour, 11 à la seconde, en comptant 20 litres par

habitant, 50 litres par tête de gros bétail, et 10 litres par tête de petit bétail.

L'eau est prise dans un puits de 51 mètres de profondeur, renfermant une hauteur de 4 mètres d'eau ; elle est refoulée, pour le quartier bas, dans un réservoir aérien, cuve en tôle sur tour en maçonnerie, dont le bord supérieur s'élève à 15 mètres au-dessus de la margelle du puits ; le réservoir spécial du quartier haut a son bord supérieur à 20 mètres au-dessus de celui de l'autre réservoir.

On a prévu pour le service bas une pompe à trois corps à simple effet, à pistons plongeurs renversés, débitant 5 mètres cubes à l'heure à sa vitesse normale de 41,6 tours par minute ; pour le service haut, la pompe du même modèle est plus robuste et ne débite que 1,8 mètres cubes à l'heure.

Machine à vapeur, type vertical à pilon, de 2,5 chevaux de puissance à la vitesse normale de 225 tours à la minute ; chaudière Field timbrée à 7 kilogrammes avec cheminée en tôle de 6 mètres de hauteur.

Les deux réservoirs sont des cylindres en tôle à fond sphérique avec soubassement en maçonnerie, l'un de 60 et l'autre de 20 mètres cubes de capacité.

Voici le détail de la dépense :

Clapet de pied avec crépine en tôle galvanisée, diamètre 0 ^m ,06.....	40 fr.
Tuyau d'aspiration de 3 ^m ,525 et 0 ^m ,06, en fer de 0 ^m ,003, avec brides, rondelles en cuir pour les joints, boulons d'assemblage.....	45
Pompe à trois plongeurs, avec accessoires.....	1 100
Réservoir d'air au refoulement.....	100
Onze traverses en fer pour recevoir les coussinets guides des tringles..	40
Dix coussinets et chapeaux en bois dur.....	70
Trois guides en fonte alésée avec douze boulons sur la traverse supérieure.....	30
135 mètres de tringles en fer rond de 0 ^m ,024, 520 kg.....	220
Robinet-vanne de 0,06 sur le réservoir d'air à l'origine du refoulement.	55
43 mètres de conduite verticale en fer de 0 ^m ,06 à 8 ^{fr} ,15.....	350
Huit colliers à chapeaux pour la soutenir, scellés dans le puits.....	24
Échelle verticale de 46,80 de hauteur, montants en U de $\frac{50,25}{5}$, échelons en fer rond de 0 ^m ,015, de 0 ^m ,28 d'ouverture et 0 ^m ,30 d'espace-ment, pattes à scellement, 475 kg.....	250
Plancher en chêne pour le bas, support des pompes.....	78
TOTAL.....	<u>2 462 fr.</u>
Pompe spéciale pour le service haut.....	<u>1 453 fr.</u>
Machine à vapeur verticale.....	1 100
Chaudière Field, de 3 ^m ,40 de surface de chauffe, avec cheminée.....	1 100
Pompe alimentaire.....	130
Tuyaux en cuivre.....	150
TOTAL.....	<u>2 480 fr.</u>

Transmission des pompes à la machine.....	872
Tôles striées pour recouvrir le puits et le caniveau de transmission...	133
Réservoir en tôle de 60 mètres cubes, avec ses accessoires.....	2 850
— — — 20 — — —	4 500
Conduites de refoulement de 0,06 et 0,05.....	6 375
Camionnage des appareils.....	300
Frais de montage.....	800

Cette dépense ne comprend pas le petit bâtiment des machines ni les soubassements en maçonnerie des réservoirs.

Installations avec turbines. — Du même constructeur, nous citerons de petites installations avec turbines.

1° Une turbine, à arbre vertical, fonctionne sur la dérivation d'un cours d'eau, à la vitesse normale de 54 tours par minute avec une pression de 1^m,45 de hauteur d'eau sur l'injecteur; par ses 30 orifices elle peut débiter 270 litres à la seconde. Elle actionne la pompe par un engrenage conique et par un arbre horizontal en acier portant à son extrémité un plateau-manivelle. La pompe est du système Girard, à deux corps ovoïdes; le plongeur a 0^m,30 de course, 0^m,12 de diamètre et sa tige 0^m,03; avec un rendement en volume de 0,95 on a un débit de 15 000 litres à l'heure. La hauteur d'élévation de l'eau n'est que de 5^m,65 mais la conduite de refoulement a 2 100 mètres de longueur avec 0^m,07 de diamètre. La turbine, la pompe et le grillage de défense de la turbine ont coûté 5 500 francs, compris montage.

Une autre pompe Girard de 0^m,16 de course, 0^m,068 de diamètre avec tige de 0^m,024, susceptible de donner un débit de 5 200 litres à l'heure avec 84 tours d'arbre à la minute et 3 900 litres avec 63 tours d'arbre, a coûté 1 500 francs prise à l'usine; elle est mue par une transmission à courroie à l'aide d'une turbine à axe horizontal faisant 625 tours à la minute sous une pression d'eau de 38^m,25. Cette turbine à grande vitesse ne coûte que 1 000 francs à l'usine.

2° Une turbine à arbre vertical, faisant à marche normale 70 tours par minute sous 3 mètres de pression d'eau et pouvant dépenser 40 litres à la seconde par 14 orifices d'injection, actionne par un plateau-manivelle horizontal une pompe horizontale, dont le plongeur a 0^m,16 de course et 0^m,065 de diamètre, destinée à élever 1 litre d'eau par seconde à 45 mètres de hauteur. La turbine et la pompe ont coûté 1 650 francs prises à l'usine.

3° Un bélier ordinaire alimentant un château dut être remplacé par un bélier-pompe, qui prenait les eaux d'une petite source voisine, tout en continuant à recevoir son travail moteur des eaux d'un étang devenues impropres à l'alimentation. Le mauvais fonctionnement du bélier-pompe conduisit à le remplacer par une turbine actionnant une pompe;

l'eau est amenée à la turbine par une conduite de 0^m,09 de diamètre et de 110 mètres de long, et la conduite de refoulement de 0^m,06 à 900 mètres de long.

La turbine, dont la couronne mobile et l'injecteur sont tout en bronze et exécutés avec précision, est à arbre vertical et peut débiter 5 litres d'eau par seconde sous une chute de 10 à 13 mètres. Sa vitesse normale est de 500 tours à la minute. La turbine actionne, par un engrenage conique à dents de bois et par un arbre horizontal à trois excentriques, une pompe à trois corps horizontaux avec plongeurs de 0^m,04 de diamètre et 0^m,09 de course; avec un rendement en volume de 0,935, on a pu élever 1 700 litres d'eau à l'heure. La turbine, la pompe et la transmission prises à l'usine ont coûté 1 650 francs.

Utilisation des roues hydrauliques. — Les petits moulins à moteur hydraulique ont presque partout beaucoup perdu de leur valeur; souvent on peut en acheter un à bon compte et l'utiliser pour mouvoir des pompes et pour refouler dans un réservoir soit l'eau de la rivière, soit l'eau d'une source du voisinage; s'il le faut, la source est amenée jusqu'au moulin par des tuyaux de poterie ou de ciment.

Il faut, cela va sans dire, s'assurer que la puissance hydraulique est suffisante, même au moment des plus basses eaux, sinon il faut recourir à un moteur de secours.

Quand on utilise le moteur existant, sa vitesse normale est connue et commande le dispositif de la transmission: il est toujours facile de donner aux pompes, à l'aide d'un engrenage, la vitesse qui leur convient.

C'est une solution qui a été fréquemment adoptée dans les petites distributions d'eau; elle est vraiment simple et économique.

A-t-on besoin de remplacer une vieille roue, la dépense n'est pas grosse; une roue en tôle, ou en bois et tôle, de quelques chevaux de force, peut coûter de 1 500 à 3 000 francs. En pareille matière ce sont les fondations et les maçonneries qui coûtent le plus et qui donnent lieu à des frais imprévus qu'on n'a pas à redouter lorsqu'on utilise une installation ancienne.

La surveillance d'un moteur hydraulique régulier et d'une pompe se réduisent, du reste, à fort peu de chose. Il suffit de loger à l'usine un ménage d'ouvrier ou de cantonnier pour assurer le service.

C. — EXEMPLES D'ALIMENTATION
PAR MACHINES ÉLÉVATOIRES HYDRAULIQUES

1° **Eaux de Marly et de Versailles.** — La description en est surtout intéressante au point de vue théorique.

Sous Louis XIII, Versailles était alimenté par des eaux élevées de la Bièvre et de l'étang de Clagny. — En 1652, Louis XIV fit installer des pompes plus puissantes dans une tour octogone, au sommet de laquelle était un réservoir ; les pompes élevaient l'eau de l'étang de Clagny, et du réservoir elle se rendait aux fontaines du jardin.

Mais il fallut bientôt songer à se créer de plus sérieuses ressources : Riquet proposa de dériver la Loire, mais il eût fallu aller la chercher à la Charité, et encore l'altitude des plateaux de la Beauce eût-elle été trop faible. — On projeta aussi une dérivation de la Seine, dérivation impossible.

Cependant un nivellement précis démontra qu'à l'ouest de Versailles s'étendait un vaste plateau argileux présentant, à Trappes et à Bois-d'Arcy, deux dépressions dont le fond était à 7 ou 8 mètres au-dessus du réservoir de la tour dont nous avons parlé tout à l'heure. Ces dépressions furent transformées en étangs ; on y fit arriver de nombreuses rigoles d'alimentation et, par un aqueduc spécial, on en amena les eaux jusqu'à Versailles, où elles arrivèrent en 1675.

Les eaux des étangs portent le nom d'eaux blanches, à cause de la couleur blanchâtre qu'elles conservent ; elles sont impropres aux usages domestiques, on les réserve pour les pièces d'eau.

Pour l'alimentation, on conserva les eaux de source, auxquelles on ajouta celles de Roquencourt.

En 1675, Colbert fit installer, par le baron Deville et le charpentier Rennequin, la machine de Marly qui, d'abord destinée à alimenter le parc de Marly, ne tarda pas à envoyer à Versailles la plus grande partie de ses eaux.

Le système de Marly comprenait :

1° Un barrage réunissant les diverses îles de la Seine et créant une chute ;

2° 14 roues hydrauliques de 12 mètres de diamètre ;

3° 221 pompes aspirantes et foulantes, étagées à flanc de coteau.

En bas, 64 pompes élévatoires envoyaient, par 5 conduites de 0^m,221 de diamètre, les eaux dans des puisards placés à 50 mètres au-dessus de la Seine ; 79 pompes les reprenaient et les portaient à 50^m,75 plus

haut ; enfin, un 3^e étage de 78 pompes les reprenait encore et les envoyait définitivement à 154^m,70 au-dessus du niveau de la Seine, au sommet du long aqueduc de Marly, monument dont l'utilité ne se comprend guère aujourd'hui. — L'espace parcouru en plan était de 1 256 mètres.

On connaît le système de renvois de mouvement : il est connu sous le nom de système de tiges et de varlets. Les varlets, fixés au sol et oscillant autour de leur point d'appui, s'articulent avec les tiges contiguës et les soutiennent ; tout le système est animé par l'arbre des pompes d'un mouvement de va-et-vient qui ne tarde pas à produire un énorme ferraillement et à mettre les pièces hors d'usage.

L'aqueduc amenait les eaux à Versailles au réservoir de la Butte-de-Picardie, d'où elles passaient, par un aqueduc aérien, dans le réservoir de Montbauron ; aujourd'hui l'aqueduc aérien a disparu et est remplacé par une conduite forcée.

Le volume donné par la machine de Marly était primitivement de 250 pouces fontainiers ; il se réduisit en peu de temps à 60 pouces ou 1 130 mètres cubes par jour.

En 1684, on commença la dérivation de l'Eure, qu'on prenait à Pont-Gouin, à 7 ou 8 lieues au-delà de Chartres, 30 000 hommes furent employés aux travaux et creusèrent, jusqu'à Berchère-le-Mangot, un canal de 5 mètres de large et de 3 mètres de profondeur sur 40 kilomètres de long. Les mouvements de terre humide produisirent leur effet habituel et engendrèrent des maladies qui se propagèrent facilement dans une aussi grosse agglomération d'ouvriers. — Les travaux furent abandonnés en 1687, sous le coup des embarras de tout genre que suscitait la ligue d'Augsbourg.

En 1680, on avait amené, par l'aqueduc de Buc, jusqu'aux réservoirs Gobert, les eaux de l'étang de Saclay, qui arrivaient à 13 mètres au-dessus du réservoir de Montbauron.

Au xviii^e siècle, l'état des choses ne se modifia guère, et, en 1803, la machine de Marly n'élevait plus que 12 pouces d'eau par jour.

En 1804, le charpentier Brunet mit en mouvement, au moyen de la 14^e roue hydraulique, une pompe qui élevait l'eau d'un seul jet de la Seine à l'aqueduc de Marly, et qui, seule, donnait 10 pouces d'eau par jour.

Mais le système Brunet ne fut pas généralisé d'abord ; on préféra une machine à vapeur, qui ne fut définitivement installée qu'en 1826. — En 1817, on avait adapté à deux roues hydrauliques des pompes du système Brunet.

En 1852, l'établissement comprenait : 2 roues de 12 mètres, actionnant des pompes et élevant 850 mètres cubes par jour ; une machine

à vapeur fonctionnant d'une manière intermittente, et pouvant élever 1 800 mètres cubes en 24 heures.

Le prix de revient de l'eau fournie par la machine à vapeur était d'au moins 0^r,23, tandis qu'on pouvait réduire ce prix à 0^r,037 en faisant usage des moteurs hydrauliques.

On résolut donc, sur l'avis d'une commission spéciale, d'installer trois moteurs hydrauliques : on avait d'abord songé aux turbines ; mais les turbines ne fonctionnent bien qu'avec une vitesse notable ; or, dans le cas actuel, il s'agit d'élever de l'eau d'un seul jet à une hauteur de 150 mètres ; la pression à exercer sur le piston des pompes est donc supérieure à 15 atmosphères ; pour éviter les chocs, il faut une marche modérée. Pour ce motif on eut recours à un moteur à mouvement lent. Ce sont les grandes roues de côté qui remplissent le mieux ces conditions et qui permettent d'actionner directement les pompes sans l'intermédiaire d'engrenages.

Depuis 1856, le volume emprunté à Marly a sans cesse augmenté, bien qu'on ait conservé les étangs, au moins en partie. A l'est comme à l'ouest de Versailles, il existe deux rûs, réceptacle naturel des égouts de la cité, et l'on aura peine à comprendre que tant d'impuretés puissent subsister de nos jours ; on sera du moins édifié sur la nécessité d'un prompt remède. « Car non seulement les eaux infectées empoisonnent l'air par leurs miasmes corrompus, mais elles affectent gravement l'hygiène du corps, parce que, faute d'autres ressources, on lave beaucoup de linge dans ce liquide, quelque impur qu'il soit. »

En 1868, la consommation de Versailles était de 8 000 mètres cubes par jour. — Le volume nécessaire au jeu des grandes eaux est chaque fois de 7 000 mètres cubes.

Les eaux de la Seine, refoulées par les machines, se rendent dans le réservoir des Deux-Portes situé près de l'aqueduc de Marly ; les eaux arrivant à l'origine de cet aqueduc le suivent en coulant dans une cuvette en plomb de 603 mètres de long et de 0^m,00015 de pente ; parvenues à l'extrémité, elles descendent par une conduite souterraine et siphonnent pour gagner le réservoir. Cette disposition est très vicieuse, car la charge du siphon est trop faible et il s'engorge : l'aqueduc de Marly est un monument inutile.

La machine à vapeur de 64 chevaux, longtemps conservée comme renfort, était, en 1826, un appareil remarquable ; il serait très mauvais aujourd'hui, puisqu'il consommait 7 kilogrammes de charbon par cheval et par heure.

L'alimentation d'eau de Versailles est restée bien défectueuse ; on étudie depuis longtemps les moyens de l'améliorer.

2° **Alimentation du fort Saint-Michel à Toul** (*turbines*). — Une pompe élève 60 mètres cubes par jour d'une eau prise dans une rigole dérivée de la Moselle, et cette pompe est actionnée par une turbine que fait mouvoir l'eau de la même rigole; l'eau motrice qui a produit son effet retourne à la rivière par un fossé de fuite.

Les travaux ont été projetés et exécutés par M. Alfred Picard.

La conduite de refoulement de 0^m,06 de diamètre, débitant 0^{lit},7 par seconde, a 1 775 mètres de long et rachète une hauteur utile de 180 mètres; avec 5 mètres de perte de charge, c'est une pression de 18 atmosphères à la base de la colonne, sans tenir compte des coups de bélier.

Cette conduite est partout recouverte d'au moins 1^m,25 de terre, afin d'être à l'abri des grands froids de la région et aussi des projectiles.

L'épaisseur de la fonte est de 0^m,0085 sur la moitié inférieure de la hauteur et 0^m,0065 sur l'autre; avec cette épaisseur, augmentée de 1/5 dans les coudes à cause des difficultés de coulée, on a un tuyau étanche.

Les joints en plomb avec emboîtement ont été reconnus les meilleurs et susceptibles de résister à une pression de 40 atmosphères; mais ces joints doivent alors être exécutés avec le plus grand soin: emboîtements dirigés vers le haut, rainure annulaire bien accusée, matage du plomb énergique et prolongé effectué avec un ciseau un peu tranchant, plomb payé au poids afin qu'on ne cherche pas à l'économiser. — Les quelques joints à brides qu'il a fallu employer ont été difficilement rendus étanches, il a fallu y employer du caoutchouc et du mastic au minium.

On a disposé sur la conduite, outre un robinet de décharge et d'arrêt à la base et un robinet-ventouse au sommet, des robinets d'observation espacés de 300 mètres et destinés à circonscrire la recherche des fuites; on s'est servi de robinets-vannes dont les regards sont couverts de terres.

La figure 3, planche 28, donne la disposition de la pompe et de la turbine.

La pompe est du système Girard, à deux corps à simple effet. Les corps de pompes en fonte, de 18 millimètres d'épaisseur reçoivent un piston de 0^m,08 de diamètre et de 0^m,25 de course; un coup double engendre un volume de 2^{lit},5; le rendement en volume ne doit pas être évalué à plus de 0,9, soit 2^{lit},25; pour fournir 0^{lit},7 à la seconde, il faut donc 18 à 19 tours à la minute, et une vitesse moyenne de 0^m,14 pour le piston.

Les clapets, organes les plus délicats de toute pompe, se composent

d'un disque circulaire en bronze avec tige guidée dans un cylindre creux également en bronze ; diamètre du siège $0^m,04$, course $0^m,0125$, section d'écoulement $0^m^2,0015$, vitesse de l'eau $0^m,47$; cette vitesse est bien supérieure à la vitesse $0^m,14$ trouvée plus haut.

Cependant la perte de charge due à la contraction de la veine n'atteint que $0^m,0047$ et la perte de force vive $0,0066$ kilogrammètres à la seconde. On n'a pas relevé de chocs pendant le fonctionnement. La fermeture rapide des clapets est assurée par un ressort.

La pompe et les annexes sont montés sur un bâti en fonte solide, relié par 7 boulons à un bloc de pierre de 4 tonnes ; il n'y a point de trépidations.

Le travail à produire en eau montée était de 130 kilogrammètres, ou 1,75 cheval-vapeur.

On a admis un rendement de 0,5 pour l'ensemble des appareils, et, comme la chute varie de $1^m,40$ en crues à 2 mètres, le volume de l'eau motrice devait varier de 185 à 130 litres à la seconde. La turbine a été calculée en conséquence.

Elle fait 37 tours à la minute et l'engrenage réduit cette vitesse de moitié. En temps ordinaire, le vannage à papillons ouvre 16 ou 18 injecteurs, mais il peut en ouvrir 26 ou 28.

Le piston des pompes est actionné par un plateau-manivelle à boutons, équilibré.

Le réservoir à air est alimenté par l'air contenu dans l'eau de la Moselle et, en cas d'insuffisance, on ouvre alternativement deux robinets purgeurs adaptés aux corps de pompes, mais le passage de cet air dans les clapets produit des chocs et, dans des conduites de ce genre où la haute pression multiplie la solubilité de l'air, il vaudrait mieux sans doute alimenter le réservoir avec une petite pompe à air spéciale.

Le rendement propre de la turbine a varié de 65 à 80 0/0 et le rendement de l'ensemble a dépassé 50 0/0.

La dépense s'est répartie comme il suit :

Machine, à forfait.....	4 000 fr.
Conduite fonte, à 0 fr. 232 le kilogramme.....	10 700
Bâtiment et accessoires.....	8 150
Déblai et remblai des tranchées de la conduite....	3 650
Curage du contre-fossé à l'aval de la turbine.....	1 800
Indemnités de terrain et dommages.....	3 000
TOTAL.....	<hr/> 31 300 fr.

3° Élévation par turbines et pompes, ville de Narbonne. —

La ville de Narbonne est alimentée avec de l'eau filtrée naturellement,

prise dans les terrains graveleux qui bordent la rivière d'Aude ; la force motrice est donnée aux pompes par la chute de l'ancien moulin de Férioles, située à 11 kilomètres de la ville. MM. Schabaver et Fourès ont été chargés, après concours, de l'installation des moteurs et des pompes.

Chute effective en étiage 1^m,80, débit 300 litres. Travail à produire : élever 70 litres par seconde à 40^m,39 de hauteur moyenne par une conduite de 0^m,35 de diamètre et de 730 mètres de long.

Il fallait, en étiage, donner un rendement de 45 0/0 mesuré en eau montée, le débit des turbines étant affecté du coefficient 0,85, et la vitesse ne dépassant pas 15 à 16 tours par minute.

Deux systèmes semblables devaient être installés se partageant le débit.

Les constructeurs ont eu recours à une turbine commandant par engrenages, à l'aide de manivelles calées à angle droit, deux pistons qui se meuvent dans des corps de pompe placés dans la même enveloppe avec boîtes à soupapes communes et bâti unique.

Les figures 1 et 2, planche 13, représentent l'installation générale et la figure 4 est une coupe de la pompe. La nécessité d'utiliser les anciens bâtiments du moulin et de mettre les pompes à l'abri des eaux d'inondation a créé des sujétions particulières : on a logé les pompes dans une chambre étanche, capable de résister aux sous-pressions, et on a pu de la sorte éviter la complication de pompes nourricières. L'arbre des turbines traverse le fond de la chambre par une boîte étanche.

Les pompes ont été condensées pour occuper le moins de place possible ; leurs pistons sont à frottement doux sans garniture, car on n'a pas à craindre les grippements, puisqu'on ne monte que de l'eau filtrée. Les clapets sont doubles, à levée limitée par des ressorts à boudin qu'entoure le boulon libre de la charnière ; on ne les entend pas choquer. Les clapets de refoulement sont à la partie supérieure et livrent passage à tout l'air que l'eau dégage et entraîne.

Le rendement en eau montée, qui pouvait être de 45 0/0 à l'étiage, s'est élevé à 68.

4° **Élévation par turbine et pompe à Maquens** (*petit débit*).

— M. Schabaver a installé à Maquens, près Carcassonne, sur le canal d'alimentation de cette ville, une petite turbine qui utilise une chute de 0^m,12 et un débit de 100 litres et qui élève 0^{lit},16 à la seconde à 27 mètres de hauteur.

Les figures 5 à 9, planche 13, représentent cette installation. La turbine est très simple, dépourvue de vannage, puisqu'elle reçoit un

débit constant ; deux vannes B et B' permettent soit de laisser les eaux suivre le canal en asséchant la turbine, soit de les faire passer par la turbine.

« La turbine est établie noyée, et sa couronne mobile A', fixée sur l'arbre creux C, repose par son pivot supérieur *a* sur le grain de la crapaudine *d* fixée au sommet de l'arbre vertical (*fig.* 5, pl. 13). L'arbre D est maintenu par le collet E, et le palier à coussinet F est boulonné devant le socle G de la pompe H. Celle-ci est mise en mouvement au moyen d'un boulon de manivelle, forgé avec coulisseau *b*, fixé sur un plateau circulaire venu de fonte avec l'arbre creux C. Par le mode d'assemblage à coulisse du bouton de manivelle avec le plateau, on peut, à volonté, augmenter ou diminuer la course du piston de la pompe de 0^m,142 maximum à 0^m,040, course minimum.

Comme dans toutes les pompes dites castraises, le corps extérieur, divisé en deux compartiments dans le sens de sa longueur, reçoit un cylindre en bronze *h* (*fig.* 8 et 9, pl. 13) dans lequel se meut le piston, dont la tige *i*, engagée dans le guidé *g*, fixé sur le socle, est reliée par la bielle I au bouton de manivelle. La boîte qui contient les clapets d'aspiration à boulets *j* est assemblée avec le tuyau J, terminé par une crépine qui plonge dans le canal d'amont, et la boîte des clapets de refoulement *k* est réunie au réservoir d'air R, d'où part le tuyau d'ascension de l'eau K. Ainsi qu'on peut s'en rendre compte, tout le mécanisme de la pompe se trouve fixé sur le même socle, formant plaque de fondation et reposant sur une pierre de taille, de sorte que la fixité des centres de mouvement soit complètement assurée. » (*Génie civil.*)

Le travail moteur est de 12 kilogrammètres. Le piston de 0^m,05 de diamètre, avec course de 0,142, engendre 0^m,16 par seconde, déduction faite de la tige, la turbine faisant 19 tours à la minute.

La hauteur d'élévation étant de 27 mètres, le travail utile est de 4,3 kilogrammètres ; d'où un rendement égal à 0,357.

Le débit total s'élève à 13 824 litres pour 24 heures et suffit par conséquent à l'alimentation d'une agglomération de quelque importance.

5° Distribution d'eau de la ville d'Albi (*turbines*). — Elle a été projetée et exécutée par M. Berget, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, qui en a donné la description complète dans un mémoire fort intéressant, inséré aux *Annales des Ponts et Chaussées* de 1886.

La ville d'Albi, traversée par le Tarn, était avant 1886 alimentée par des puits et par quelques suintements ou sources ; le débit total

de ces sources pouvait tomber à 1 000 mètres par jour, quantité insuffisante pour une population de 15 000 habitants.

On avait songé à prendre l'eau du Tarn, relativement pure au point de vue chimique et marquant seulement 17° à l'hydrotimètre ; mais en été, lorsque la température de l'air atteint 24°,5, celle du Tarn est de 22°, alors que celle de l'eau des puits descend à 15°. Dans les crues, les eaux troubles de la rivière charrient 2 grammes de matières solides par litre.

Il fallait donc filtrer les eaux du Tarn.

M. Berget eut l'idée de recourir à la filtration naturelle et proposa d'établir les ouvrages de captation dans l'alluvion de Saint-Juéry, située à 9 800 mètres à l'amont de la ville dans le lit de la rivière.

Cette alluvion est baignée par un courant rapide ; située au pied d'une chute de 17 mètres ; elle a un développement considérable avec un faible relief au-dessus des eaux ; sa profondeur dépasse 12 mètres à l'amont, et elle est formée d'un mélange de gravier et de sable avec très peu de vase ; à chaque crue sa surface est remaniée par les eaux. Aussi les épuisements d'essai, tentés au milieu de fouilles pratiquées dans cette alluvion, ont-ils donné de bons résultats, et un tronçon de galerie filtrante de 3 mètres de longueur fournit-il pendant 3 mois une grande quantité d'eau. On acquit donc la conviction qu'on trouverait sans peine un débit continu suffisant pour l'alimentation de la ville.

M. Berget compare une alluvion de ce genre à un filtre en papier. Quand le papier est entouré d'une eau trouble, mais stagnante, il donne d'abord un débit relativement fort qui va s'atténuant et qui finit par s'annuler lorsque la surface et les pores du papier sont obstrués par les dépôts ; mais, quand l'eau extérieure est mobile et qu'un courant lèche la surface du filtre, l'activité du filtre ne s'annule jamais et on recueille à l'intérieur un débit continu d'eau limpide.

Puits filtrants. — La masse de l'alluvion étant sillonnée d'une infinité de canaux capillaires, dès qu'on pratique une cavité dans cette masse les eaux y arrivent et sont remplacées par un nouvel afflux quand on les épuit, jusqu'à ce que l'équilibre s'établisse entre l'apport et l'enlèvement.

La cavité est un cylindre à génératrices horizontales ou verticales ; dans le premier cas c'est une *galerie filtrante*, dans le second cas un *puits filtrant*.

En réalité ce sont des drains ou collecteurs ; si le terrain est relativement compact, on multiplie le nombre de ces drains et on leur donne un petit diamètre ; si le terrain est formé de gravier très perméable, on peut se contenter d'une galerie ou d'un puits unique.

M. Berget signale les inconvénients des galeries filtrantes et les causes d'insuccès de plusieurs d'entre elles :

1° Le rendement d'une galerie n'est point proportionnel à son développement, car, si l'on accole deux galeries égales, leurs zones d'action se superposent en partie ;

2° Le radier des galeries filtrantes devant être établi à une certaine profondeur sous l'étiage, la construction exige des épaissements difficiles, aussi est-elle fort coûteuse ;

3° Les galeries filtrantes sont partiellement remplies d'air et certaines végétations s'y développent, telles que les bissus qui, à Toulouse, ont préoccupé le public ;

4° Le débit dépend de l'altitude qui sépare la nappe d'eau de la galerie du plan d'eau de la rivière ; aussi, lorsque la rivière est à son étiage, dans les années sèches, le rendement de la galerie devient-il insuffisant ; presque partout, cette circonstance a donné lieu à des mécomptes et il a fallu créer des galeries nouvelles ou prolonger les anciennes ;

5° Les galeries drainent des eaux superficielles, dont la température est plus élevée en été que celle des eaux profondes.

Les puits filtrants sont d'un établissement plus facile que les galeries ; avec les procédés à l'air comprimé notamment, on peut les descendre profondément avec une dépense raisonnable.

M. Berget a donc établi dans l'alluvion du Tarn deux puits filtrants, dont nous lui empruntons les dessins (figures 1 et 2 planche 26) ; à la base du puits est la chambre de filtration, double caisson cylindrique en tôle dont les parois sont reliées par 95 entretoises tubées ; l'intervalle entre les deux cylindres est rempli de béton de ciment et la circonférence extérieure de base est armée d'un tranchant. Diamètre extérieur 3 mètres, intérieur 1^m,80. Le plafond tronconique se prolonge en son milieu par la cheminée d'accès, de 1^m,25 de diamètre, enveloppée de maçonnerie, recouverte d'une plate-forme en tôle disposée de manière à recevoir un sas à air ; cette plate-forme est munie d'un autoclave avec robinets et raccords permettant de faire au besoin le vide à l'intérieur.

La conduite d'aspiration descend à 6 mètres sous l'étiage et sort du puits à 0^m,50 sous l'étiage en traversant la paroi en maçonnerie. Chaque puits repose sur un radier en forme de calotte renversée, percé de cheminées qui livrent passage aux infiltrations ascendantes et même, pour augmenter le produit de ces infiltrations, de petits pieux ont été battus à la base du puits.

Bien que la perméabilité de l'alluvion de St-Juéry diminue avec la profondeur, parce que la proportion de vase mélangée au gravier aug-

mente, les puits filtrants à grand diamètre que nous venons de décrire ont donné un débit de 60 litres à la seconde avec une dénivellation qui n'a pas dépassé 0^m,50 en basses eaux, et l'eau est demeurée claire et limpide.

Au contraire, dit M. Berget, les puits-tubes de Chalon-sur-Saône n'arrivent à donner un débit de 160 mètres cubes à l'heure qu'avec une dénivellation atteignant 3 mètres en eaux basses ; les pompes aspirent souvent de l'air et, malgré les ventouses, le jeu des machines et de la conduite de refoulement devient irrégulier.

Les deux puits d'Albi, descendant l'un à 10^m,25, l'autre à 9 mètres sous l'étiage, ont été exécutés à forfait par M. Hersent pour 32 000 francs, et le béton a coûté 3 600 francs, d'où une dépense totale de 17 800 francs par puits.

Ces puits donnent facilement 80 litres à la seconde ; le litre à la seconde revient donc à 450 francs.

Le litre d'eau fourni par les galeries filtrantes revient à 3 035 francs à Toulouse, 5 600 francs à Lyon, 3 000 francs à Angers, à plus de 1 000 francs à Nîmes.

Conduite d'aspiration à joints sphériques. — La conduite d'aspiration de 0^m,25 de diamètre, munie d'un clapet de pied s'opposant au désamorçage, se prolonge en dehors du puits par des tuyaux articulés système Badois, qui ont coûté 60 francs le mètre courant. Ces tuyaux sont précieux pour la traversée des rivières et des terrains mobiles.

Les deux conduites viennent se réunir au pied de la berge en une seule conduite de 0^m,40 de diamètre, à joints en caoutchouc, placée sous l'étiage, et chacune d'elles est munie d'un robinet permettant de l'isoler.

L'une a une longueur de 35 mètres, l'autre de 75 mètres, et la grosse conduite a 160 mètres jusqu'à l'usine.

Machines. — La ville disposait, au lieu même de captation, d'une chute puissante, à l'aval du Saut du Tarn ; le volume disponible à la seconde variant, suivant les saisons, de 4^m,50 à 8 mètres, et la chute de 3^m,50 à 1^m,50, la force motrice brute oscillait entre 210 et 160 chevaux.

Il fallait élever 60 litres à la seconde à une hauteur réelle de 60 mètres et à une hauteur virtuelle de 75 mètres, en tenant compte des pertes de charge tant dans les conduites d'aspiration ci-dessus définies que dans la conduite de refoulement de 7 700 mètres de long et de 0^m,35 de diamètre.

L'installation de l'usine élévatoire fut mise au concours, sur un programme détaillé, et la préférence fut donnée au projet de MM. Feray et Meunier.

Le moteur comprend deux turbines du système Fontaine, celui dont le rendement varie le moins avec le débit de la chute. Les turbines sont placées à 1 mètre au-dessus de l'étiage, leur vannage à 1^m,40 et chacune d'elles est logée dans un tube vertical en fonte, de sorte qu'elles fonctionnent par aspiration suivant le système Jonval pour les chutes comprises entre 2^m,50 et 3^m,50; cette dernière est la chute d'étiage.

Les turbines de 2^m,20 de diamètre moyen possèdent sur leur circonférence 72 orifices de 0^m,20 sur 0^m,041 et font au maximum 32,6 tours à la minute.

Chaque turbine actionne par un vilebrequin deux pompes horizontales à double effet à piston plongeur du système Girard avec soupapes à marche apparente. La course du piston étant de 0^m,50, sa vitesse linéaire moyenne est 0^m,545, son diamètre 0^m,233, le volume élevé par seconde est de 40 litres, ou 20 litres par pompe.

Les clapets donnent passage à ce débit avec une vitesse de 3^m,35 entraînant une perte de charge de 0^m,57. La vitesse dans les tuyaux d'aspiration des pompes est en moyenne de 0^m,636 et au maximum de 1 mètre.

Ces tuyaux sont munis d'un réservoir d'air qui a une capacité égale à deux fois et demi la cylindrée.

Au refoulement, il n'y a qu'un réservoir à air comprimé pour les deux attelages de pompes; sa capacité est de 1 440 litres et il y a, pour l'alimenter, une pompe à air par turbine.

Comme la hauteur totale utile d'aspiration dépasse 10 mètres, on a eu recours à une *pompe nourricière* pour chaque turbine, et cette pompe élève l'eau à 7 mètres environ dans la bêche où viennent l'aspirer les pompes de refoulement.

La pompe nourricière est actionnée, à l'aide d'un renvoi de sonnette et d'un balancier, par le prolongement du piston plongeur d'une des pompes horizontales de refoulement. Elle prend l'eau dans un puisard maçonné au fond duquel débouche la conduite maîtresse d'aspiration qui travaille par siphonnement et qu'on amorce à l'aide d'un tube en laiton la reliant aux tuyaux des pompes nourricières.

A la vitesse maximum de 32,6 tours par minute, une pompe nourricière, à simple effet, amène à la bêche d'alimentation des pompes principales 44 litres d'eau à la seconde, c'est-à-dire un dixième en plus de ce qui est nécessaire pour le fonctionnement de ces pompes; il y a un trop plein qui fonctionne sans cesse.

On remarque immédiatement que celle des deux pompes principales qui actionne la pompe nourricière a une surcharge de travail par rapport à sa conjuguée, ce qui est nuisible à la régularité de la marche.

On a compensé cette surcharge en dotant la pompe d'un piston différentiel, c'est-à-dire d'un piston dont la section active diminue lorsque le piston de la pompe nourricière s'élève.

La machinerie a coûté à forfait 93.124 francs. Le bâtiment des machines a 165 mètres carrés de superficie.

Les expériences sur le rendement ont montré que pour un tour de chaque turbine on envoyait au réservoir 74^m,50 d'eau et que l'effet utile de ces moteurs était égal à la fraction 0,57 de la puissance de la chute. Ce rendement est calculé en eau montée, en tenant compte des pertes de charge, c'est-à-dire en mesurant la hauteur virtuelle d'élévation par la tension du manomètre placé sur le réservoir d'air comprimé. Le marché ne garantissait que le rendement 0,54.

Conduite de refoulement. — Diamètre 0^m,35, longueur 7 600 mètres, établie à 1 mètre de profondeur minimum, avec ventouses aux points hauts, robinets de décharge aux points bas; elle a coûté 30^{fr},70 par mètre courant; les tuyaux sont à cordon et emboîtement. Le profil en long ne présente que deux vallons de 10 mètres de profondeur par rapport aux points hauts voisins.

Réservoir. — Carré de 25 mètres de côté, 4 000 mètres de capacité, divisé en deux bassins de 3^m,50 de profondeur. Établi à flanc de coteau sur un terrain un peu argileux, ce qui explique le profil à fruit intérieur. — Radier de 0^m,30 établi sur un sol drainé afin d'éviter les sous-pressions. — Enduit général en mortier de ciment du Teil de 2 à 3 centimètres d'épaisseur. Recouvert par des voûtes d'arête de 3 mètres d'ouverture, 0^m,50 de flèche et 0^m,07 d'épaisseur, portées par des piliers carrés de 0^m,48 de côté et recouvertes de 0^m,50 de terre végétale. Les voûtes sont constituées avec deux rouleaux de briquettes posées à plat et mortier de ciment. Les piliers sont en briques et mortier ordinaire.

La dépense, non compris les terrains et la robinetterie, s'est élevée à 90 775 francs, soit 23 francs par mètre cube d'eau logée.

Cuves et appareils de distribution. — La conduite de refoulement est alimentaire avant d'arriver au réservoir; elle rencontre à 27 mètres et 30 mètres au-dessous de lui et à 1 kilomètre avant d'y arriver deux cuves d'où rayonnent les conduites de distribution.

Nous avons eu l'occasion de signaler ailleurs l'avantage de cette disposition, qui économise du travail mécanique et qui permet, à certains moments, de doubler la puissance de la distribution pouvant concourir simultanément à l'alimentation de la ville.

La plus grande des deux cuves en fonte a 1^m,60 de diamètre, 0^m,80 de hauteur; elle est surmontée d'une cloche à air de 0^m,64 de diamètre, et 0^m,55 de hauteur; elle présente à son pourtour huit tubulures, dont sept pour les conduites de distribution, chacune avec son robinet d'arrêt.

Elle est logée dans une chambre en maçonnerie établie sous une place et accessible par un regard.

Toutes fournitures et mains-d'œuvre comprises, les conduites en fonte à joint ordinaire sont revenues à 0^{fr},66 en moyenne par centimètre de diamètre. Les tuyaux de plomb de 29, 27, 40 millimètres de diamètre sont revenus, tout posés, à 4^{fr},45, 5^{fr},35 et 7^{fr},25.

Les robinets-vannes, mis en place, compris tabernacle en maçonnerie, ont coûté :

Diamètre :	250	200	150	120	100	80 millimètres.
	342	275	202	155	126	98 francs.

Les bornes-fontaines à repoussoir et à contre-poids, toutes fournitures et mains-d'œuvre comprises, sont revenues à 168 francs, les bouches carrées de lavage à 50 francs et les bouches rondes d'arrosage à 40 francs.

Dépenses. — La dépense s'est répartie comme il suit :

Puits filtrants	35 600 fr.
Conduite d'aspiration	17 125 —
Barrage et bassin de retenue	27 311 —
Canaux d'aménée, de fuite et de décharge	85 371 —
Usine hydraulique : maçonnerie	129 027 —
— machines	93 124 —
Conduite de refoulement	267 724 —
Réservoir y compris la robinetterie et l'aqueduc de vidange	100 171 —
Distribution en ville (22 300 mètres de conduite)	215 425 —
TOTAL	970 878 fr.

A quoi il faudrait ajouter les frais d'acquisition des terrains, les indemnités pour dommages, les frais d'études et de personnel.

Prix de revient du mètre cube d'eau. — L'amortissement du capital et les frais d'entretien représentent une charge de 70 000 francs par an. Les deux turbines peuvent fournir 80 litres à la seconde, mais si on réduit ce volume d'un quart pour tenir compte des chômages, on trouve que le prix de revient du mètre cube d'eau est de 37 milimes.

D. — EXEMPLES D'ÉLÉVATION PAR MACHINE A VAPEUR

1° **Eaux de Lyon.** — Nous avons étudié ailleurs les galeries filtrantes de la vallée du Rhône, qui ont servi jusqu'à ce jour à l'alimentation de Lyon.

Les premiers travaux ont été projetés et exécutés par M. A. Dumont,

ingénieur des Ponts et Chaussées, qui les a décrits dans un ouvrage spécial et qui s'est montré le premier, en France, un partisan convaincu de l'emploi des eaux de rivières filtrées, à une époque où l'usage exclusif des eaux de source était préconisé.

Les travaux exécutés par M. Dumont (voir son ouvrage *les Eaux de Lyon et de Paris*) ont depuis 1860, date de leur exécution, été l'objet de remaniements et d'agrandissements considérables; cependant nous en donnerons, d'après lui, une description sommaire.

Les galeries filtrantes ont été installées, à l'amont de la ville, dans la plaine du petit Broteau.

Les eaux sont réunies dans un puisard commun d'où elles sont extraites par trois machines à vapeur, ayant chacune une puissance de 170 chevaux.

On peut subdiviser le service en trois services distincts.

1° Le *bas service*, qui comprend la plus grande partie de la ville et qui est alimenté par un réservoir de 10 000 mètres cubes de capacité placé sur le coteau, immédiatement au-dessus de l'usine hydraulique; les eaux sont refoulées à ce réservoir par une conduite de 0^m,92 de diamètre. Le réservoir communique, par une conduite de 0^m,60 de diamètre, avec un réservoir de 4 000 mètres cubes, construit dans l'intérieur de la ville, à l'emplacement de l'ancien Jardin des plantes, et destiné à satisfaire aux nécessités de l'arrosage public; ce réservoir a pour effet, comme nous l'a enseigné la théorie, d'augmenter considérablement la puissance de la distribution;

2° Le *moyen service*, qui est alimenté par un réservoir de 4 000 mètres cubes, placé au sommet du coteau de Montessuy; il reçoit les eaux par une conduite de 0^m,60 de diamètre;

3° Le *haut service*, destiné à atteindre les hauteurs de Fourvières; les eaux du moyen service sont reprises au réservoir de Montessuy, et refoulées, par une machine à vapeur, au sommet d'une colonne en fonte de 55 mètres de hauteur; cette colonne est surmontée d'un réservoir en tôle d'où les eaux s'échappent par une conduite qui descend des hauteurs de la Croix-Rousse, sur le pont de Nemours, pour remonter en siphon renversé sous une pression de plus de 13 atmosphères sur le coteau de Fourvières. Là, elles s'épanchent dans un réservoir de 1 000 mètres cubes de capacité.

Les quatre réservoirs précités alimentent un réseau de conduites de 90 kilomètres de long, dont les diamètres varient de 0^m,60 à 0^m,081.

Le système a été complété par la création de 20 kilomètres d'égouts.

Système des machines. — Les machines sont du système de Cornouailles, à détente et à condensation, chacune de la force de 170 chevaux.

Leur marche normale est de huit coups de piston à la minute ; ce nombre peut, sans inconvénient, être porté à dix ou réduit à six.

Elles font mouvoir des pompes aspirantes et foulantes à simple effet. Le piston de la pompe du bas service a 1 mètre de diamètre et 2^m,50 de course ; son débit théorique est de 2^m,17 par coup de piston et son débit réel 1^m,80.

Le piston de la pompe du moyen service a 0^m,60 de diamètre et 2^m,50 de course. Le débit théorique est de 0^m,70 et le débit réel de 0^m,60.

Les eaux refoulées passent au pied de réservoirs à air de 2 mètres de diamètre et de 15 mètres de hauteur.

Ces machines perfectionnées peuvent arriver à ne consommer qu'un kilogramme de bonne houille par cheval et par heure, ce qui représente 270 mètres cubes d'eau élevés à 1 mètre de hauteur.

Les pompes sont placées à 9^m,20 au-dessus de l'étiage du Rhône :

Le réservoir du bas service est à la cote.....	43,70
Le réservoir du Jardin des plantes.....	34,10
Le réservoir du service moyen.....	87,92

Colonne en fonte de Montessuy. — La colonne en fonte de Montessuy a une hauteur de 55 mètres, depuis le dessus du soubassement en maçonnerie qui la supporte jusqu'au fond du réservoir en tôle qui la surmonte.

Cette colonne est analogue aux grandes piles des viaducs métalliques ; elle est formée d'un faisceau pyramidal de montants en fonte, entretoisés et contreventés par des croix de Saint-André en fer forgé.

Elle pèse 60 tonnes ; 44 tonnes de fonte, 13 de fer et 3 de tôle ; elle a coûté, mise en place, 40 000 francs.

Au milieu de la colonne se trouvent deux conduites : l'une montante, de 0^m,60 de diamètre, conduit au réservoir en tôle du sommet l'eau refoulée par la machine établie au pied de la colonne. L'autre conduite, de 0^m,40 de diamètre, reçoit l'eau descendante qui s'engage dans le siphon renversé, la conduisant au réservoir de la Sarra sur les hauteurs de Fourvières.

Un escalier en spirale, entièrement métallique, entoure la grosse conduite de 0^m,60 et permet de monter jusqu'au sommet du réservoir en tôle.

Il est probable qu'on n'aurait plus recours aujourd'hui à ce château d'eau intermédiaire et qu'on chercherait à opérer un refoulement direct.

2° Eaux de Nîmes. — Sous les Romains, Nîmes était alimenté par une dérivation des sources d'Eure, amenées dans la ville par l'aqueduc

qui traversait la vallée du Gardon sur le célèbre pont du Gard, détérioré par les Vandales. Le pont du Gard est représenté par les figures 1 et 3 de la planche 19.

Jusque vers l'année 1870, Nîmes ne disposait plus que des eaux de la fontaine de Nemausa, dont le volume descendait en été à 800 mètres cubes par jour pour une population de 60 000 habitants. Les souffrances étaient grandes et depuis longtemps on cherchait un remède.

Ancien aqueduc romain. — En remontant de Nîmes au pont du Gard, cet aqueduc avait 33 426 mètres avec une pente moyenne de 0^m,18 par kilomètre, pente variant entre 0^m,07 et 0^m,45.

Le profil type paraît avoir été fixé à 1^m,20 de largeur et 1^m,80 de hauteur sous clef ; l'enduit s'élevait à 1^m,15 au-dessus du radier.

L'aqueduc était généralement enfoui à une profondeur quelquefois considérable. Il aboutissait au pont du Gard, formé de trois étages d'arcades superposées, ayant une hauteur totale de 48^m,77 et une longueur au sommet de 269 mètres.

En amont du pont du Gard, l'aqueduc allait jusqu'aux sources d'Eure à 41 kilomètres de là, tantôt à ciel ouvert, tantôt enfoui dans le sol.

Il n'était plus possible de songer à dériver maintenant à nouveau les sources d'Eure, situées près de la ville d'Uzès ; elles sont pour cette ville et ses environs un véritable trésor dont on ne saurait les dépouiller.

Projets divers. Dérivation et élévation des eaux du Gardon. — En 1780, on proposa la restauration de l'aqueduc romain, mais on n'osa point soutenir le projet.

Vers 1830, MM. Didion et Talabot proposèrent d'exécuter un canal de dérivation du Gardon, latéral au chemin de fer d'Alais.

En 1839, M. l'inspecteur général des Ponts et Chaussées Perrier présenta un nouveau projet de dérivation des eaux du Gardon, par une rigole de 30 772 mètres de longueur dont 8 072 en deux souterrains ; la longueur d'un de ces souterrains atteignait 6 435 mètres. Ce projet échoua par l'opposition des usiniers et riverains du Gardon.

En 1844, un concours fut institué et divers projets furent examinés ; MM. Surell et Mourier barraient le Gardon au moulin Lafoux, y créaient des moteurs hydrauliques avec lesquels ils refoulaient une partie des eaux jusqu'au sommet d'un plateau, d'où elles se rendaient à Nîmes par un aqueduc de 0^m,80 de large sur 0^m,90 de hauteur.

M. Dombre proposait de se servir de l'ancien aqueduc romain, entre le pont du Gard et Nîmes, en élevant les eaux au moyen d'une machine à vapeur.

Plusieurs autres personnes présentèrent des projets plus ou moins analogues aux précédents.

En 1852, un nouveau concours fut institué, qui ne fit surgir que des projets incomplets et ne réussit pas mieux que le Concours de 1844.

En 1862, se forma la Compagnie des eaux du Midi, ayant pour but de créer une dérivation du Rhône, destinée à l'irrigation des terres et à l'alimentation des villes.

Cette Compagnie des eaux du Midi disparut, et c'est alors que M. Dumont se présenta demandant à établir des machines à vapeur à la Roche-de-Comps et à envoyer à Nîmes les eaux du Rhône, préalablement clarifiées par un filtrage naturel.

Description sommaire du projet exécuté. — « Le projet consiste essentiellement, dit le rapport de MM. les ingénieurs Salva et Lenthéric, dans l'établissement de machines à vapeur à la Roche-de-Comps sur la rive droite du Rhône, un peu en aval de l'embouchure du Gardon.

Ces machines sont destinées à faire mouvoir des pompes qui puiseront l'eau du Rhône dans une galerie de filtration de 500 mètres de développement, de 10^m,20 de largeur dans œuvre et parallèle à la rive du Rhône. Les eaux seront refoulées sur une longueur de 9 661 mètres, jusqu'à la métairie Pagès, à la cote de 63^m,12 au-dessus du niveau de la mer.

En ce point, le tuyau de refoulement les déversera dans l'aqueduc voûté, commencé par la Compagnie des eaux du Midi, lequel sera achevé et mis en parfait état, entre la métairie Pagès et le mas Louis, sur une longueur de 14 025 mètres.

Cet aqueduc ayant une section considérable (3^m,20 de largeur sur 2 mètres de hauteur sous clef) et ayant en outre l'avantage d'être, sur la presque totalité de son parcours, recouvert d'une couche de terre et de déblais provenant des fouilles, sera utilisé comme réservoir.

A son extrémité, les eaux dégorgeront dans une conduite qui traversera, en siphon renversé, la route nationale n° 87, entrera dans la ville par l'ancien chemin d'Avignon, et se prolongera jusqu'à l'Esplanade sur une longueur de 2 300 mètres environ.

Cette conduite maîtresse, alimentée par l'aqueduc-réservoir, se rattachera à une conduite annulaire faisant le tour des boulevards, et qui formera l'artère principale de la distribution intérieure, dont les détails importent peu et n'offrent d'ailleurs rien de particulier.

Les dispositions principales du projet sont donc :

- 1° Une galerie de filtration de 500 mètres de développement à établir dans les bancs de gravier du Rhône, en aval de la Roche-de-Comps ;
- 2° L'établissement de machines à vapeur et de pompes élévatoires ;
- 3° Une conduite de refoulement de 9 661 mètres, amenant les eaux

à la métairie Pagès, dans l'aqueduc-réservoir en partie exécuté par la Compagnie des eaux du Midi ;

4° L'achèvement des travaux de cet aqueduc-réservoir, sur une longueur de 14 025 mètres ;

5° La pose d'une conduite en siphon renversé sur 2 300 mètres, amenant les eaux à l'Esplanade ;

6° La canalisation intérieure de la ville comprenant : bornes-fontaines, bouches sous trottoirs, etc.

La galerie de filtration, le diamètre des conduites, la force des machines sont calculés de manière à pouvoir élever 40 000 mètres cubes par jour d'eau filtrée, et le montant total doit s'élever au chiffre de 3 millions de francs.

On avait projeté d'abord des machines de Cornouailles, analogues à celles de Lyon : capables d'élever chacune 1 200 mètres cubes d'eau par heure à une hauteur de 66^m,50.

Les deux machines prévues devaient être installées par le Creusot moyennant une somme de 835 000 francs, et le Creusot garantissait que la consommation en charbon ne dépasserait pas 1^{kg},70 par cheval et par heure.

On chercha un système plus économique qui fut adopté : il consiste en trois machines à action directe, dans lesquelles le diamètre du piston à vapeur est de 1^m,47 et le diamètre du piston des pompes à double effet est de 0^m,62 ; la course commune des pistons est de 1^m,30. Le nombre de tours de ces machines était fixé à 12 par minute.

Les trois machines posées devaient coûter 365 000 francs.

Ce système a été adopté comme le moins coûteux et le plus maniable et se prêtant le mieux aux exigences d'une exploitation progressive.

La conduite de refoulement de 9 661 mètres de long est en fonte, avec un diamètre intérieur de 0^m,80. Elle est soumise à sa base à une pression de près de 7 atmosphères.

Conduite en ciment. — Une partie de la conduite d'alimentation sur 9 kilomètres, à partir du réservoir Pagès, est en ciment : elle présente aussi un diamètre de 0^m,80 et une épaisseur variable suivant les pressions supportées.

Cette conduite, en ciment de la Porte de France, au dosage de 500 kilogrammes de ciment pour 500 litres de sable et 500 litres de gravier n'a été employée que sur une section où la pression ne dépassait pas 12 mètres ; elle a été payée 50 francs le mètre courant.

Le mètre cube d'eau rendu à Nîmes revient à un peu plus de 0^{fr},05.

3° **Eaux d'Orléans.** — En face d'Orléans, sur la rive gauche de la Loire, entre ce fleuve et le Loiret, s'étend une plaine qui recouvre

une nappe d'eau puissante en communication avec le fleuve; c'est cette nappe qui alimente les sources du Loiret.

Elle donne une eau naturellement filtrée par son voyage souterrain. Cette eau a les qualités d'une eau potable et ne renferme que 0^{sr},105 de matières solides par litre.

Sa température est peu variable et se maintient entre 10° et 15°.

La prise d'eau se compose d'une série de puits verticaux, mis en communication par des galeries, afin de développer la surface de filtration. Pendant les crues de la Loire, les eaux prennent néanmoins une légère teinte louche.

L'aspiration se fait par un tuyau de 0^m,50 qui se bifurque en deux branches alimentant chacune une machine.

Chaque pompe de refoulement envoie les eaux dans une conduite de 0^m,35 de diamètre, et les deux conduites se réunissent au-delà des réservoirs à air comprimé en une seule de même diamètre qui donne un débit de 84 litres par seconde ou 300 mètres cubes à l'heure.

La conduite de refoulement a 7 kilomètres de long, et la perte de charge produite par le parcours est d'environ 6 mètres pour une ascension de 34^m,35.

Cette conduite a un plan et un profil en long accidentés; à chaque point bas se trouve un robinet de décharge et à chaque sommet une ventouse ou robinet à air.

La quantité d'eau élevée par jour était autrefois de 4 000 mètres, ce qui portait la consommation moyenne par habitant à 90 litres, la population totale étant de 45 000 âmes.

Le réservoir de distribution, bien que placé dans la partie haute de la ville, n'eût pu alimenter la gare du chemin de fer et le premier étage des maisons voisines si on l'avait enfoui dans le sol ou même placé au niveau du sol: on a dû en élever le radier à 7^m,50 au-dessus du sol; il peut contenir une hauteur d'eau de 5 mètres et un cube total de 2 300 mètres (figures 1 et 2, planche 36).

La dépense totale s'est élevée à 1 million de francs; le prix de vente du mètre cube d'eau était fixé à 0^{fr},20 pour les particuliers et à 0^{fr},10 pour les industriels.

4° Distribution d'eau de la ville de Pithiviers. — ALIMENTATION ANCIENNE. — La ville de Pithiviers (*fig.* 2, Pl. 14), assise sur le plateau qui domine la rive gauche de la rivière de l'OEuf, affluent de l'Essonne, qui se jette dans la Seine à Corbeil, n'était jadis alimentée que par des citernes particulières et par dix-sept puits publics, dont une dizaine seulement situés sur le plateau; ces derniers ont 20 à 25 mètres de profondeur. Ils pénètrent jusqu'à la nappe souterraine qui se rencontre

partout à peu près à la même altitude dans cette région éminemment perméable formée par le calcaire lacustre de Beauce.

En 1874 et 1875, la nappe d'eau était descendue à son niveau le plus bas, et il avait fallu à plusieurs reprises repiquer tous les puits.

Ces puits ne peuvent évidemment, vu la constitution géologique du pays, donner qu'un liquide chargé de calcaire, peu propre au savonnage et à la cuisson des aliments. Un inconvénient beaucoup plus grave est que leur eau, quoique limpide, renferme en grande quantité, surtout dans la vieille ville, de matières organiques provenant des fosses d'aisances ; un sol aussi perméable est un véritable filtre ; aussi les fosses ne retiennent-elles que les matières solides et laissent-elles descendre jusqu'à la nappe les matières liquides avec les substances en dissolution.

Le laboratoire de l'École des Ponts et Chaussées nous a donné pour deux des puits l'analyse suivante :

COMPOSITION PAR LITRE	PUITS	
	du Martroy	de la Noiraude
	grammes	grammes
Silice et résidu insoluble.....	0,017	0,019
Peroxyde de fer et aluminium.....	0,005	0,009
Chaux.....	0,268	0,379
Magnésie.....	0,018	0,048
Matières combustibles.....	0,073	0,159
Acide carbonique et sel soluble.....	0,596	1,234
Résultat total.....	0,977	1,848
Degré hydrotimétrique.....	58°	»

L'eau du puits de la place du Martroy est de détestable qualité. Elle renferme une dose considérable de sels de chaux et de sels solubles et est assez fortement chargée de matières organiques. L'eau du puits de la Noiraude est bien plus mauvaise encore ; elle renferme une dose de chaux trop considérable pour être appliquée aux usages domestiques ; la quantité énorme de produits non dosés semble indiquer la présence de sels solubles en quantité considérable, dus probablement à des communications entre le puits et des fosses d'aisances.

L'eau des anciens puits de Pithiviers était donc en tout temps absolument mauvaise pour l'alimentation ; elle pouvait devenir dangereuse et eût dû être proscrite en cas d'épidémie.

Si l'on ajoute que les pompes aspirantes et foulantes, allant chercher l'eau à 25 ou 30 mètres de profondeur, étaient d'une manœuvre longue et pénible, malgré le volant dont elles étaient pourvues, qu'en cas d'incendie grave il était impossible de trouver rapidement assez d'eau

pour le combattre, l'indispensable nécessité d'une distribution d'eau se présentait. C'est par ces considérations que la municipalité nous chargea de rédiger un projet qui fut mis en adjudication et exécuté après approbation des autorités locales et du conseil général des Ponts et Chaussées.

RECHERCHE D'UNE PRISE D'EAU. — Le premier point à déterminer était l'emplacement d'une prise d'eau. Pouvait-on songer à une dérivation ? Évidemment non, car le plateau de la ville étant à l'altitude de 130 mètres, l'eau n'y pouvait arriver par la gravité qu'en la prenant vers la forêt d'Orléans, dans les sables argileux du Gâtinais, au voisinage de la ligne de faite des deux bassins de la Loire et de la Seine, à 20 kilomètres de distance : encore n'y trouvait-on qu'une eau emmagasinée dans les étangs de la forêt et certainement peu propre à l'alimentation (*fig. 1*).

Il fallait recourir à la nappe souterraine qui s'étend sous toute la région et établir la prise d'eau dans la vallée au bord de la rivière ; il était dangereux d'établir cette prise à l'amont de la ville, puisqu'en 1874 le lit s'y trouvait complètement à sec et qu'on pouvait redouter l'aggravation de ce défectueux état de choses. Nous devions donc nous placer à l'aval ; il existait heureusement près de l'ancien moulin de Saint-Grégoire, à 3 kilomètres seulement du point culminant de la ville, plusieurs sources anciennes communiquant entre elles, qui, malgré la longue période de sécheresse, avaient conservé leur niveau et qui, servant d'émissaires à la nappe souterraine d'un vaste bassin, assuraient largement le débit nécessaire pour le présent et pour l'avenir.

L'eau de ces sources est limpide, marque à l'hydrotimètre 34° et renferme par litre 0^{fr},355 de résidu solide. Elle paraît, dit M. l'ingénieur en chef Durand-Claye, de qualité passable et peut, à la rigueur, s'employer pour une distribution d'eau, s'il est impossible d'en trouver une meilleure.

Vu la constitution géologique du pays, il était, en effet, impossible d'en trouver une meilleure et elle présentait, du reste, une telle supériorité sur l'eau des puits de la ville que l'on était heureux de l'avoir.

DESCRIPTION GÉNÉRALE DU PROJET. — Les appareils élévatoires, comprenant un double système égal de générateurs, de machines à vapeur et de pompes, sont installés dans l'ancien moulin de Saint-Grégoire, acquis par la ville, à 50 mètres environ de la source principale dans laquelle plongent les crépines d'aspiration et qui a été recouverte d'un bâtiment en charpente. Une conduite de refoulement de 0^m,192 de diamètre et de 3.200 mètres de long amène les eaux à un réservoir aérien

placé au point R du plan (*fig. 2*) ; sur cette conduite se branchent les conduites principales de distribution, de sorte qu'elle est à la fois conduite de refoulement et conduite de distribution sur la dernière section de son parcours. Nous nous sommes attaché à fermer autant que possible le réseau de distribution, de manière à assurer le service en cas de réparations partielles. Des bouches sous trottoirs ont été placées à tous les points hauts, et des bornes-fontaines ont été installées en nombre suffisant pour satisfaire aux besoins publics. Les branchements particuliers sont concédés par la ville à un taux assez faible pour déterminer même les petits propriétaires à amener l'eau dans leur immeuble.

Calcul des machines. — La population de Pithiviers n'atteint pas le chiffre de 5 000 habitants. En adoptant le taux usuel admis pour une distribution suffisante dans une ville ordinaire, à savoir 100 litres par habitant et par jour, il faut assurer un débit quotidien de 500 mètres cubes.

Cette quantité, répartie sur douze heures, représente un volume de 11^m,5 par seconde. La perte de charge pour un pareil débit, dans une conduite de 0^m.192 de diamètre est de 0^m,002 par mètre courant, soit 6^m,40 en tout. Ajoutant à cela la hauteur réelle d'élévation, on arrive à un maximum de charge de 42^m,92.

D'où pour les machines un travail réel à effectuer de 493 kilogrammètres à la seconde ou de 6,57 chevaux-vapeur.

Nous avons prévu tout d'abord un système d'appareils élévatoires aussi simples que possible : machines à vapeur horizontales sans condensation actionnant, par l'intermédiaire d'un engrenage réducteur de vitesse, des pompes horizontales à double effet. L'arbre des pompes faisant 20 tours à la minute, celui de la machine à vapeur en faisait 48.

D'après le devis, la consommation de combustible pouvait s'élever à 4 kilogrammes par heure et par cheval mesuré en eau montée. Le prix de chaque système d'appareils était fixé à 16 500 francs, soit à 33 000 francs pour l'ensemble ; et, comme l'adjudication donna lieu à un rabais de 25,80 0/0, la dépense réelle ressortait à 25 500 francs. Après l'adjudication, nous proposâmes de substituer aux appareils prévus des appareils perfectionnés ; on adopta définitivement des machines du système Woolf, construites par MM. Windsor et fils, de Rouen, machine à deux cylindres verticaux, à balancier, à détente et à condensation ; les tiges des pompes sont actionnées directement par le balancier ; d'après la convention, chacune des machines, fonctionnant seule et alimentée par une seule des deux chaudières cylindriques à bouilleurs timbrées à 5 kilogrammes, devait élever un volume de 500 mètres cubes d'eau

en douze heures à une hauteur de 42^m,92 au-dessus du plan d'eau de la source, ladite hauteur comprenant la perte de charge au refoulement; les nouvelles machines ne devaient donner lieu qu'à une consommation maxima de 2 200 grammes de bon charbon ordinaire par heure et par puissance de cheval de 75 kilogrammètres à la seconde mesurée en eau montée.

Les adjudicataires, MM. Mathelin et Garnier, se sont engagés à substituer le nouveau système au système projeté moyennant un supplément de prix de 7 200 francs; la substitution était avantageuse en ce sens qu'elle donnait des appareils évidemment meilleurs et permettait de réaliser une économie de charbon supérieure à l'intérêt du supplément de dépense. Elle fut donc adoptée, et le prix du double système d'appareils élévatoires s'est élevé à 32 700 francs.

Dans les expériences auxquelles nous avons procédé avant la réception définitive, les débits à la seconde fournis par une machine seule ont été de 13^{lit},8, 14^{lit},3 et 16^{lit},1, et la consommation de combustible a varié de 1^{kg},8 à 2^{kg},1 par heure et par cheval. Les appareils satisfont donc aux conditions exigées.

Conduites et appareils de distribution. — Il est sans intérêt d'entrer dans la description des conduites et appareils de distribution, qui sont conformes aux modèles de la ville de Paris. En ce qui touche les conduites, nous avons insisté pour l'adoption de tuyaux en fonte, coulés verticalement, essayés à la presse hydraulique à une pression de 10 atmosphères, posés à 1 mètre au moins au-dessous du sol, assemblés à emboîtement dans le système ordinaire.

La conduite de refoulement a 0^m,192 de diamètre intérieur; les conduites de distribution ont de 0^m,12 à 0^m,06; nous avons renoncé aux conduites en fonte de 0^m,04, comme présentant trop de difficultés pour l'établissement des branchements.

Chaque conduite de distribution a été calculée de manière à suffire au service maximum qui peut lui être demandé à un moment donné, en tenant compte dans une certaine mesure des besoins à venir. Ces calculs de conduites sont très simples et cependant peuvent se traduire par des déceptions lorsque l'on considère seulement les débits moyens, comme on le voit faire trop souvent. Pour éviter ces erreurs, il faut partir du dernier branchement, arrêter la charge disponible et le débit maximum qu'on y veut avoir, puis remonter ainsi, de section en section, jusqu'au réservoir; en cumulant les débits, les charges et pertes de charges, on arrive à déterminer, eu égard au diamètre de la conduite maîtresse, le niveau minimum à maintenir dans le réservoir.

Le calcul se compose d'une suite de tâtonnements; parfois on est amené à remanier le diamètre d'une conduite; à le réduire s'il laisse

une charge disponible trop forte, ce qui n'a pas grand inconvénient; à l'augmenter au contraire si la charge disponible n'est pas suffisante. On arrive ainsi à déterminer rapidement les diamètres qui concilient le bon fonctionnement et l'économie; nos tables pratiques, qui s'appliquent aux tuyaux depuis longtemps en service, permettent de procéder facilement à ces calculs, car elles donnent pour chaque diamètre et pour des charges croissantes les vitesses moyennes d'écoulement et les débits à la seconde.

De l'alimentation par la conduite de refoulement. — La conduite de refoulement alimentant un réservoir peut-elle être chargée en route d'un service de distribution? En principe, il vaut mieux qu'il en soit autrement, car le travail à demander aux appareils perd de sa régularité et, de plus, en cas de réparation à la conduite de refoulement, les branchements qu'elle alimente peuvent se trouver en chômage s'ils ne sont pas alimentés par ailleurs. Mais, en pratique, l'inconvénient de l'irrégularité du fonctionnement des appareils est insignifiant, grâce à l'usage des réservoirs d'air, de la détente et des régulateurs; restent les avantages: 1° économie; dans le cas actuel, si la conduite de refoulement n'était pas alimentaire à partir de son entrée en ville, il fallait, entre cette entrée et le réservoir, adopter une conduite spéciale de distribution, ce qui doublait presque la dépense sur une longueur de 500 mètres; c'était dans l'espèce, une dépense supplémentaire de 6 000 francs; 2° à un moment donné, la puissance de distribution peut se trouver doublée, le réservoir alimentant directement une partie du réseau et la conduite de refoulement restant chargée du reste; 3° en général, la conduite de refoulement est alimentaire pour une faible partie de son débit; les machines marchant régulièrement à un nombre donné de tours à la minute, le débit q qu'elles lancent dans la conduite ascensionnelle est constant; et si ce débit arrivait tout entier au réservoir, le travail effectif correspondant serait le produit de ce débit par la hauteur totale d'ascension augmentée de la perte de charge sur la longueur totale; mais, à partir du moment où la conduite devient alimentaire, une partie seulement q' du débit s'en va au réservoir, l'autre q'' va directement aux branchements; pour la partie q' , la vitesse moyenne dans la dernière section de la conduite étant moindre, la perte de charge est réduite; pour la partie q'' , il y a également réduction des pertes de charge, de sorte que le travail à fournir aux pompes est finalement diminué et que l'on réalise par conséquent une économie de combustible.

Les inconvénients qui pouvaient résulter du chômage dû à la réparation de la conduite ascensionnelle sont, du reste, réduits dans une mesure considérable, car les branchements peuvent être desservis non

seulement par leur extrémité reposant sur la conduite ascensionnelle, mais encore par l'extrémité opposée qui communique avec le reste du réseau.

DU RÉSERVOIR AÉRIEN EN TÔLE. — La ville est, avons-nous dit, établie sur un plateau et sur les versants de la vallée; il n'y a point de colline qui la domine, par conséquent pas d'emplacement disponible pour l'établissement d'un réservoir souterrain. Dans ces conditions, il nous fallait recourir à un réservoir aérien suffisamment élevé pour assurer le service des maisons voisines du point culminant de la ville, et ce réservoir lui-même devait être placé au voisinage de ce point; des raisons particulières ne nous ont point permis de l'établir au point culminant lui-même; il a fallu le mettre en R à 250 mètres plus loin dans un jardin appartenant à la ville, et nous avons dû, pour conserver la même charge disponible, augmenter de 1^m,20 environ la hauteur de la maçonnerie de support.

Le réservoir (*fig.* 3 et 4, pl. 14) est composé de deux cuves de 5 mètres de hauteur et de 6^m,50 de diamètre, dont le fond est une calotte sphérique de 0^m,90 de flèche et par conséquent de 6^m,30 de rayon. Le volume utile de chaque cuve est d'environ 165 mètres cubes. Les deux cuves peuvent fonctionner ensemble ou séparément; elles sont enfermées dans un bâtiment en maçonnerie afin de mettre l'eau à l'abri des poussières et, dans une certaine mesure, des variations de la température extérieure; elles reposent, par l'intermédiaire d'une couronne en fonte, sur un soubassement en maçonnerie; au-dessus du soubassement, règne un mur de pourtour en maçonnerie de briques de 0^m,22 d'épaisseur avec chaînes en pierres sur lesquelles s'appuient les fermes de la couverture en ardoises; au-dessus des cuves, on a établi un plancher volant.

Le tuyau de refoulement aboutit à la base de chaque cuve, sur le côté de la calotte sphérique; si ce tuyau ne devait être en même temps alimentaire, il eût débouché au sommet de la cuve; un peu au-dessous de ce sommet est un trop-plein qui communique avec un puisard et, enfin, au point le plus bas du fond sphérique, est un robinet de vidange qui peut être mis en communication avec le puisard.

Le prix des cuves comprenait la fourniture et la pose d'une échelle graduée avec flotteur, chaîne et contre-poids, ladite échelle portant trois graduations distinctes; d'un côté la hauteur d'eau existant dans la cuve, de l'autre, d'abord le volume d'eau existant et, en outre, le temps nécessaire à chaque système de pompes, animé de sa vitesse normale, pour remplir la cuve.

Une communication télégraphique entre l'hôtel de ville et l'usine

située à 3^{km},500 du réservoir permet de donner au mécanicien tous les renseignements nécessaires pour la marche des pompes.

Le fût cylindrique de chaque cuve se compose de cinq anneaux en tôle de chacun 1 mètre de hauteur et qui ont, en partant du haut, des épaisseurs de 3, 4, 5, 6 millimètres : chaque anneau, considéré comme indépendant, tend à se rompre par extension suivant deux génératrices verticales situées aux extrémités d'un même diamètre, et, de même que dans les conduites d'eau, la force tendant à la rupture est le produit de la charge par la surface du méridien de chaque anneau ; en admettant que la charge sur le pourtour de chaque anneau soit égale à celle de sa base, on trouve que l'anneau supérieur ne travaille pas à 1 kilogramme par millimètre carré et que l'anneau inférieur ne travaille pas à 3 kilogrammes. Il y a donc toute sécurité, et l'on aurait pu réduire les dimensions des tôles si, dans les appareils de ce genre, il ne fallait tenir compte des chances de malfaçon et d'oxydation.

Quant à la calotte du fond, réunie au fût cylindrique par une cornière ouverte suivant l'angle que fait le méridien de la calotte avec la verticale, elle a reçu une épaisseur de 6 millimètres et travaille à 3 kilogrammes par millimètre carré ; là encore il faut tenir compte des chances d'oxydation et des irrégularités dans l'épaisseur de la tôle ; la tôle du fond doit être de première qualité ; il faut arriver à donner à ce fond aussi exactement que possible la forme sphérique ; à cet effet, on le compose de fuseaux dressés sur un gabarit ayant la forme du méridien de la calotte, l'assemblage de ces fuseaux ne constitue pas absolument une calotte sphérique, mais un solide régulier formé de fuseaux cylindriques tangents à la calotte ; en bas, tous ces éléments, qui ne peuvent s'assembler en pointe, se réunissent sur une petite calotte terminale de 1 mètre de diamètre que l'on dresse au marteau suivant la courbure voulue.

Les deux cuves en tôle peuvent emmagasiner une réserve de 330 mètres cubes seulement ; ainsi que l'a fait remarquer le Conseil général des Ponts et Chaussées, lors de l'examen du projet, c'est peu pour une population de 5 000 âmes, et il faudrait arriver à assurer au moins la provision de deux ou trois jours, c'est-à-dire 1 000 ou 1 500 mètres cubes. C'est ce que l'on devra faire dans l'avenir lorsque la consommation se développera et, il conviendra alors d'installer sur le plateau, vers les extrémités du réseau actuel, deux ou trois cuves supplémentaires ; mieux encore on pourra, avec une dépense moindre, établir un réservoir en maçonnerie, de l'autre côté du vallon qui traverse le faubourg de Paris, vers le point M de la figure 2 ; ce réservoir sera à quelques mètres au-dessous du réservoir aérien ; on pourra lui faire alimenter

toute la partie basse et moyenne de la ville et y maintenir une réserve suffisante pour parer à toutes les éventualités.

DÉPENSE DE PREMIER ÉTABLISSEMENT. — La dépense d'établissement a été réglée comme il suit :

Machines élévatoires.....	32 700 fr.
Fourneaux et cheminée.....	4 300
Réservoirs en tôle.....	10 300
Canalisation générale.....	93 400
Bâtiment des réservoirs.....	22 050
Bâtiment des machines.....	11 110
Bâtiment recouvrant la source.....	1 500
Branchements particuliers.....	13 400
Travaux divers en régie.....	14 360
TOTAL.....	203 120 fr.

DÉPENSE D'EXPLOITATION ET PRODUIT DES ABONNEMENTS. — Le tableau ci-après résume les dépenses d'exploitation et d'entretien et le produit des abonnements, pendant six années :

	Dépenses d'exploitation et d'entretien	Produit des abonnements
1885.....	8 023 fr.	9 416 fr.
1886.....	8 399	9 447
1887.....	8 240	8 871
1888.....	8 754	10 702
1889.....	9 592	11 624
1890.....	9 554	11 706

En ne tenant pas compte des frais de premier établissement couverts par un emprunt amortissable, il restait donc en 1890 un bénéfice de 2 150 francs, qu'il faudrait augmenter de la dépense qu'exigeaient autrefois les puits publics, dépense qui devait atteindre 1 500 à 1 800 francs, en moyenne. Mais le bénéfice indirect réalisé par la population est bien supérieur à l'intérêt du capital dépensé ; car tirer de l'eau à 25 mètres de profondeur avec des pompes à bras est une opération longue et pénible, et chaque année le temps perdu par la population à assurer sa provision d'eau représentait une somme considérable.

5° Usines élévatoires de la ville de Paris. — Les détails sur les usines élévatoires de la ville de Paris nous sont fournis par une notice de M. Bechmann insérée aux *Annales des Ponts et Chaussées* de 1891. Nous indiquerons quelques-unes de ces usines.

1° *L'usine d'Ivry* prend les eaux de la Seine sur la rive gauche, au-dessus du confluent de la Marne dont les eaux sont parfois troubles et jaunâtres, et les refoule dans le réservoir de Villejuif.

L'usine comporte deux bâtiments principaux : celui des machines, de 56 mètres sur 24 mètres avec une hauteur de 16 mètres sous faitage, et celui des générateurs qui est accolé au premier et dont les dimensions sont 51, 17 et 10 mètres; il y a deux cheminées en briques de 34 mètres de hauteur et de 1^m,50 de diamètre intérieur au sommet; l'ensemble est complété par trois petites maisons d'habitation et par un bureau.

Il fut procédé à l'adjudication des machines et des générateurs par voie de concours sur les bases suivantes : 85 000 mètres cubes d'eau par 24 heures à élever à 63 mètres de hauteur, 160 000 kilogrammes de vapeur à produire pendant le même temps, avec une consommation maxima de vapeur de 9^{kg},250 par heure et par cheval utile mesuré en eau montée et une production minima de 7^{kg},500 de vapeur par kilogramme de charbon tout venant des mines d'Aniche; pression de vapeur limitée à 6 kilogrammes; vitesse moyenne des pistons des pompes élévatoires limitée à 1^m,40 par seconde avec obligation de rendre le mouvement des clapets apparent à la vue, si cette vitesse dépasse 0^m,50.

Les machines sont horizontales à un seul cylindre, avec distribution Corliss et à condensation; elles actionnent par un balancier vertical un arbre horizontal qui fait mouvoir les pompes verticales; ces pompes à simple effet sont à pistons pleins de 0^m,91 de diamètre avec clapets multiples munis de ressorts en caoutchouc.

Un réservoir d'air en cloche verticale est placé sur la conduite de refoulement et un autre réservoir d'air horizontal est placé sur la conduite d'aspiration.

L'alimentation des chaudières est faite à l'aide des eaux de purge et des eaux de condensation amenées dans un bouilleur spécial.

A l'origine, il se produisit dans les pompes des chocs qui tenaient à des cantonnements d'air dans les corps de pompe inférieurs et à un mauvais fonctionnement du réservoir d'air de l'aspiration; les défauts furent corrigés quand on en eut reconnu la cause.

La fondation des bâtiments et des machines, en meulière et portland, repose sur un sable fin d'alluvion, incompressible; on a ménagé dans les massifs des trous verticaux pour le passage des boulons et toutes les niches destinées à faciliter le montage et la mise en place des machines.

La dépense, qui s'est élevée à 2 275 000 francs, correspond à 2 275 francs par cheval-vapeur utile, mesuré en eau montée, dont 786 francs pour la partie mécanique.

La consommation garantie, 1^{kg},030 de charbon par cheval-heure, a été sensiblement atteinte.

2° *L'usine de Javel* comporte deux machines capables d'élever

300 litres par seconde à 25 mètres de hauteur, ce qui fait une puissance de 100 chevaux mesurée en eau montée; il y a trois chaudières dont une de rechange, et la consommation de charbon n'a pas dépassé 1^{kg},600 par cheval-heure. La dépense pour les machines et les chaudières s'est élevée à 1 140 francs par cheval, soit 114 000 francs en tout; les bâtiments, la prise d'eau et les accessoires ont coûté 151 000 francs.

3° *L'usine de Bercy* comporte des machines capables d'élever 600 litres d'eau par seconde à 59 mètres de hauteur réelle et à 73 mètres de hauteur virtuelle, en tenant compte des pertes de charge; il y a deux conduites de refoulement de 0^m,60 de diamètre, ce qui correspond à une vitesse moyenne de 1^m,10, et de 5 783 mètres de longueur. Il a été procédé par voie de concours: pression de la vapeur limitée à 6 kilogrammes, vitesse des pistons plongeurs ne pouvant atteindre 1^m,20 qu'avec des pistons de forme effilée se mouvant dans des cylindres renflés, régulateur disposé de manière à permettre une variation du débit de 450 à 600 litres. Il a été construit quatre machines et huit générateurs, et la dépense s'est élevée à 392 000 francs, soit à 650 francs par cheval mesuré en eau montée. La dépense totale a atteint 927 000 francs soit 1 545 francs par cheval.

4° *L'usine de l'Ourcq* est une usine de relais; elle comporte des machines Woolf à balancier supérieur actionnant des pompes verticales. La machinerie pour une puissance de 60 chevaux, générateurs non compris, a coûté 58 000 francs, soit encore 1 000 francs par cheval.

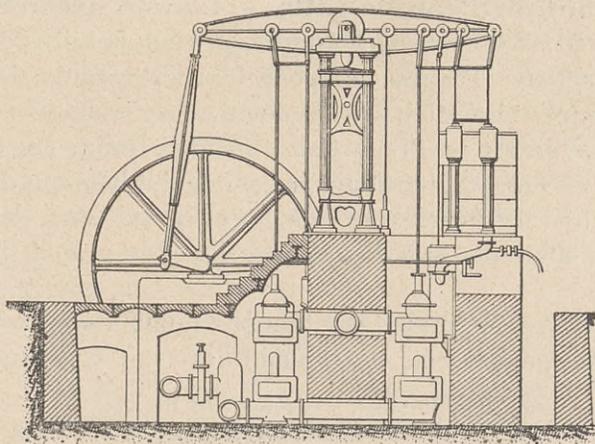


Fig. 1.

5° A *Ménilmontant* on trouve deux machines Windsor, de 70 chevaux chacune, à deux cylindres verticaux système Woolf actionnant un balancier supérieur oscillant sur un axe horizontal; au balancier

s'accroche de chaque côté de son axe la tige d'une pompe à simple effet à piston plein. Cette machinerie a coûté 101 000 francs soit 720 francs par cheval.

6° *L'usine de relais de Montmartre*, établie place Saint-Pierre, envoie dans les parties hautes de la butte des eaux destinées au service public venant de Bercy, et des eaux pour le service privé venant de la Dhuis.

Il y a trois machines : deux de 35 chevaux chacune, comprenant un moteur Weyler et Richemond déjà ancien à un seul cylindre horizon-

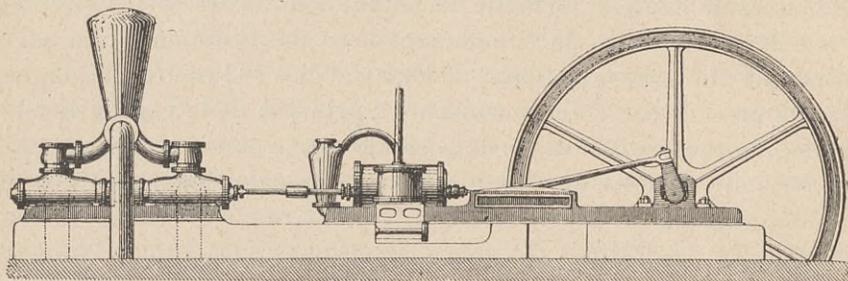


Fig. 2.

tal, à détente et à condensation, qui actionne directement des pompes horizontales ; la troisième machine, qui doit suppléer les deux autres, devait pouvoir fournir à volonté un travail soit de 36, soit de 72 chevaux de puissance ; la pompe Worthington se prêtait seule à ces variations, comme nous l'avons dit précédemment.

6° **Distribution d'eau de Lille.** — Les eaux souterraines ont desservi jusqu'en 1868 les usages domestiques de la ville de Lille. Dans certains quartiers, l'eau a un goût très désagréable de fer ou de soufre. Ailleurs, elle est excessivement chargée de sels calcaires et contient des sulfates en proportion nuisible. Enfin, presque partout on constate une grave altération, par suite d'infiltrations diverses dans les terrains très perméables en contact, et on sait que, dans ce cas, la présence des matières organiques offre les plus grands dangers pour la santé.

Pour se procurer en eau potable tout le volume nécessaire aux usages industriels et domestiques, la ville de Lille avait à sa disposition :

Les quatre sources de Bénifontaine, à l'amont du flot de Wingles, d'un débit journalier minimum de.....	10 000 mètres cubes
Les sources de Seclin, perdues au fond du canal de Seclin et faciles à reconquérir.....	10 700 —
Les sources de Billaut et de Guermanez.....	5 000 —
La source de la Cressonnière, territoire d'Emmerin.....	1 650 —
Eau drainée par l'aqueduc de captation de ces diverses sources.....	12 650 —
Total des ressources probables au minimum.....	40 000 mètres cubes

Pour une population de 155 000 âmes, c'était une part minima de 176 litres par habitant et par jour.

Le mélange des eaux amenées à Lille présente une parfaite limpidité et un très bon goût ; le degré hydrotimétrique est satisfaisant ; ce mélange réalise donc tous les caractères d'une eau potable.

Le produit de chaque source est recueilli dans un aqueduc secondaire qui vient s'embrancher sur l'aqueduc collecteur, et celui-ci emmagasine toutes les eaux dans le réservoir inférieur, construit à Emmerin, au pied du long versant méridional du monticule de l'Arbrisseau.

Dans ce réservoir, les eaux sont reprises par des machines et élevées au sommet du monticule dans un réservoir placé à l'altitude de 50 mètres, c'est-à-dire dominant d'environ 30 mètres la ville de Lille et sa banlieue.

L'aqueduc collecteur des sources a son radier presque partout à 1^m90 au-dessous du niveau d'étiage des puits voisins du tracé, de sorte qu'il exerce par ce radier un drainage énergique du sol environnant ; il est du reste fondé dans un banc de craie fendillée permettant la communication avec la nappe des bas fonds de la vallée.

L'aqueduc collecteur traverse en siphon le flot de Wingles, la Deûle et le canal de Seclin ; les siphons sont établis avec conduites en fonte du diamètre de 0^m,60 pourvues de joints élastiques Delperdange.

L'aqueduc collecteur, entre les sources de Bénifontaine et le réservoir inférieur, a une longueur de 16 958 mètres avec une déclivité uniforme de 0^m,0002.

Partout il est recouvert d'une épaisseur de terre d'au moins 1 mètre : quelques petites chutes sont ménagées, elles contribueront à l'aérage de l'eau et permettront d'installer des appareils de jaugeage. Aux prises d'eau des sources, aux extrémités des siphons sont établis des pavillons qui entretiendront dans le collecteur un courant d'air continu ; le collecteur présente du reste de grandes dimensions, précisément pour permettre la circulation de l'air, et aussi pour faciliter la circulation des ouvriers lors des réparations.

Outre les pavillons principaux, il existe des regards tous les 200 mètres.

La figure 6 de la planche 20 représente la section transversale de l'aqueduc collecteur dans la partie à radier libre qui repose sur la craie fendillée.

L'altitude de départ du collecteur est de.....	20 ^m ,31
— d'arrivée.....	16 ^m ,20
D'où un abaissement total de.....	4 ^m ,11
Sur lequel les chutes absorbent 0 ^m 451.	

Le point de départ du collecteur est à 1^m,70 au-dessous de la cote d'émergence moyenne des sources de Bénifontaine; cet abaissement a pour objet d'augmenter le débit des sources et d'en tirer le plus grand parti possible. A droite et à gauche, le collecteur principal reçoit les aqueducs secondaires qui lui amènent le produit des diverses sources énumérées plus haut.

Le réservoir inférieur est construit dans toute la hauteur de la craie aquifère; on a pu réduire à 0^m,70 l'épaisseur des murs de pourtour et à 0^m,28 celle du radier. D'où une grande économie, et la possibilité de recueillir par des barbacanes les eaux de suintement qui s'écoulent en abondance de la craie aquifère.

Le réservoir inférieur est calculé de manière à emmagasiner le produit des sources pendant vingt-quatre heures, et il en est de même du réservoir supérieur; c'est donc une réserve totale de deux journées d'alimentation.

Le réservoir est divisé en deux compartiments que l'on peut réunir ou séparer à volonté, de manière à épuiser complètement l'un d'eux pour y procéder aux réparations nécessaires.

La hauteur d'eau ne doit pas dépasser 4^m,10; en service normal, elle se maintient à 3^m,50.

Le réservoir supérieur a son radier à la cote 45 mètres et la hauteur d'eau peut s'y élever à 5 mètres; le niveau moyen du sol de la ville étant de 22 mètres, la pression moyenne atteindra 25^m,50 et sera plus que suffisante pour maintenir dans tout le réseau des conduites une pression convenable.

A l'autre extrémité de l'artère principale sera établi ultérieurement le réservoir de Saint-Maurice, destiné à compléter le système.

Entre le réservoir inférieur et le réservoir supérieur, il existe deux conduites de refoulement de 0^m,60 de diamètre, capables de livrer passage chacune à 22 500 mètres cubes par vingt-quatre heures.

A l'origine, les deux conduites réunies ne donnaient passage par jour qu'à 41 250 mètres cubes.

La hauteur maxima de l'élevation étant.....	34 ^m ,25
La perte de charge due à l'écoulement du volume précité est de..	0 ^m ,60
Résistance totale à vaincre.....	34 ^m ,85

La quantité à élever par seconde, étant de 474 litres, entraîne une dépense de travail mesurée par 81 chevaux-vapeur.

En 1868, la Compagnie de Fives-Lille a installé les deux premières machines, prenant les eaux captées dans les réservoirs d'Emmerin et les refoulant dans les réservoirs de distribution à 2 425 mètres de distance. Chaque machine élevait 474 litres à la seconde.

En 1882, la Compagnie de Fives-Lille établit deux nouvelles machines élévatoires aux conditions suivantes : Chaque machine élève 340 litres à la seconde à la vitesse normale de 20 tours à la minute ; la vitesse peut être poussée à 24 tours et le débit à 288 litres ; ce travail normal doit être obtenu avec une pression de vapeur de 5 kilogrammes et une détente au $\frac{1}{8}$. La consommation de vapeur, par cheval-heure en eau élevée, limitée à 9^{kg},500, a été aux expériences de 9 kilogrammes et de 8^{kg},5. Le rendement des pompes en volume a dépassé 98 0/0 et le rendement de la machine, mesuré en eau montée, a été de 82 à 84 0/0. Chaque machine fournit un travail de 120 chevaux mesuré en eau montée, avec une consommation de 1 kilogramme de charbon par cheval-heure ; les machines de 1869 consommaient 1^{kg},27.

La dépense s'est répartie comme il suit :

Bâtiment des machines.....	122 933 fr.
Deux machines.....	105 000
Deux pompes.....	63 500
Générateur et accessoires.....	20 750
Planchers, colonnes, escaliers.....	15 369
TOTAL.....	<hr/> 327 552 fr.

Les pompes sont pourvues de clapets multiples à l'aspiration comme au refoulement, et ces clapets sont construits et ajustés avec le plus grand soin, de manière à se lever et à retomber exactement sous la même pression ; lorsque cette circonstance n'est pas réalisée, leurs mouvements d'ouverture ou de fermeture ne sont pas simultanés, il y a des chocs et des variations de débit, et on perd le bénéfice qui résulte de la multiplication des clapets.

M. l'Ingénieur en chef Masquelez, qui a projeté et exécuté les travaux dont nous venons de donner la description générale, les a décrits avec détails dans son livre publié en 1872 : *Établissement de la distribution d'eau de Lille*.

Difficulté d'alimentation des villes industrielles du département du Nord. — L'alimentation en eau potable des villes industrielles de notre région du Nord est fort difficile, car les rivières, à faible débit du reste, qui la parcourent servent d'exutoire à de nombreuses fabriques. Leurs eaux, qui peuvent rester suffisantes pour les besoins industriels, deviennent absolument imposables, quelles que soient les dispositions réglementaires que l'on impose.

Il n'y a de ressource sérieuse que dans les nappes souterraines : la première, dans le terrain tertiaire, est celle du sable vert reposant sur

les argiles compactes; elle est de valeur moyenne et alimente les machines à vapeur de Roubaix et de Tourcoing.

Il faut pénétrer dans la craie pour trouver de bonnes assises aquifères, et la tête de la craie, dans les thalwegs, au-dessous des argiles tertiaires, craie et marne fendillées, donne un débit considérable. Au dessous, on trouve un débit plus restreint dans la craie à silex. Les marnes à lits de stratification, dites *fortes toises*, appartenant à la craie marneuse, présentent parfois, dans les lits dit *plats bancs*, de grandes quantités d'eau qui ont pénétré par fissures; mais c'est un cas accidentel.

Le niveau d'eau du Gault a une grande importance dans l'arrondissement de Valenciennes (*le Torrent*), mais c'est une eau impure, altérée par les lignites ou par une mixtion d'eau salée provenant des roches houillères.

Il y a encore un septième niveau accidentel dans le calcaire carbonifère superposé, aux abords de Lille, à des schistes imperméables du système dévonien; c'est un calcaire fendillé qui est aquifère lorsqu'on tombe sur une crevasse.

Les sources de Guermanez se trouvent précisément dans le voisinage de la ligne de séparation du terrain tertiaire et du crétacé.

La ville de Lille n'a pas voulu diviser le service des eaux: créer une alimentation industrielle en eau de rivière et réserver les eaux souterraines pour les usages domestiques. Cette division est, en effet, une cause de complication et de danger; cependant on peut être amené avec le temps à regretter de ne pas l'avoir adoptée, car les besoins augmentent sans cesse.

CHAPITRE XIV

ÉTUDE PRÉLIMINAIRE D'UNE DISTRIBUTION D'EAU

SOMMAIRE. — Étude préliminaire d'une distribution d'eau. — Valeur de la consommation ; calcul du volume nécessaire. — Consommation moyenne par tête. — Variations mensuelles de la consommation. — Variations diurnes ; variation à Berlin ; variation de la consommation journalière dans diverses villes allemandes (1890). — Variations horaires ; exemples divers. — Pression à admettre dans le réseau ; division par zones. — Recherche des eaux disponibles. — Solutions diverses : 1° les eaux superficielles ; 2° les sources ; 3° les eaux souterraines.

L'étude d'une distribution d'eau est un problème à deux termes :

1° Il faut déterminer le volume d'eau nécessaire pour les besoins à desservir ;

2° Il faut ensuite trouver ce volume et le transporter dans un réservoir chargé de le délivrer à tous les intéressés.

Malheureusement le second terme commande le premier et c'est la quantité disponible qui souvent règle la consommation.

VALEUR DE LA CONSOMMATION D'EAU ; CALCUL DU VOLUME NÉCESSAIRE

Dans une ville donnée, quel volume d'eau doit-on fournir par jour ?

Il est impossible de faire une réponse précise à cette question :

On peut dire que la quantité d'eau n'est jamais trop considérable, et qu'il faut en amener le plus possible, lorsqu'on peut le faire sans grande augmentation de frais. Cependant on est limité soit par le débit des sources d'alimentation dont on dispose, soit par la dépense. Lorsque les sources d'alimentation n'ont pas toute la puissance désirable, il faut bien se contenter de ce que l'on a, et une distribution d'eau, même insuffisante, réalisera toujours une amélioration sensible dans la salubrité d'une ville et dans le bien-être de ses habitants. Lors-

qu'on est limité dans la dépense, on s'attache à obtenir le minimum du volume nécessaire à tous les services.

L'expérience de ce qui a été déjà fait dans les localités similaires est un guide utile en la matière.

On prend souvent, comme point de départ, la consommation par tête et par jour : mais, dans les villes en voie de développement, il faut compter sur l'avenir et se réserver les moyens de faire face aux besoins futurs.

D'après la formule des intérêts composés, une population qui s'accroît soit de 10 0/0, soit de 4 0/0 par an, double en sept à huit ans ou en seize ans.

La consommation privée s'accroît toujours avec le temps et surtout avec les facilités que l'on trouve pour se procurer de l'eau à volonté et à portée immédiate. Ainsi, lorsqu'il existe des robinets dans les cours, la consommation par tête est plus forte dans les maisons à rez-de-chaussée que dans celles à plusieurs étages. C'est donc un acte de saine philanthropie que de mettre l'eau à la portée de tous, notamment dans les habitations ouvrières.

Pour les *besoins domestiques*, on compte :

A Paris :	par habitant.....	45 litres
	soldat.....	20 —
	cheval.....	100 —
	voitures ordinaires et de luxe....	40 et 150 litres
	Cour ou jardin (suivant dimension)	4 à 3 par mètre carré

On comptait moins autrefois et la base des abonnements était seulement de 20 litres par personne et par jour. Quand il y a des compteurs et que *l'eau est payée par les usagers eux-mêmes*, la consommation est très atténuée et le gaspillage est réfréné.

Comme minimum des besoins domestiques par tête, on peut compter ce qui est alloué aux matelots et aux émigrants : 6 à 7 litres.

On admet en Allemagne :

par habitant, pour boisson, cuisine, toilette...	20 à 30 litres	} 30 à 45 litres
— — lavage.....	10 à 15 —	
par tête de gros bétail.....	50 litres	
— petit bétail.....	10 —	
par lavage d'un mètre carré de cour.....	1,5 —	
par bain : 350 litres, et par douche.....	30 —	
par litre de bière fabriquée.....	4 —	

La consommation industrielle est très variable ; les petites machines peuvent prendre 25 litres par cheval-heure. Les machines à haute

pression et à détente peuvent n'exiger que 1^{lit},5 à 2 litres ; mais une grosse machine à basse pression et à condensation ne prend pas moins de 20 litres par cheval-heure, et quelquefois beaucoup plus.

On peut compter encore :

Dans les écoles 2 litres par tête et par jour, dans les casernes 20 litres par homme et 40 litres par cheval, dans les abattoirs 300 à 400 litres par tête abattue, dans les marchés 5 litres par mètre carré et par jour, par arrosage de rue, 1 litre par mètre carré de pavage et 1,5 par mètre carré d'empierrement. En été, à Paris, on admet trois arrosages par jour.

Une borne-fontaine à repoussoir est en moyenne bien desservie avec 3 000 litres par jour.

Les *fontaines jaillissantes* ont naturellement un débit variable :

Gerbe du Palais-Royal, à Paris.....	23 litres par seconde	
Place Saint-Georges.....	1	—
Place Richelieu.....	9	—
Chaque fontaine de la place de la Concorde....	55	—
Gerbe du rond-point des Champs-Élysées.....	25	—
Gerbe du Trocadéro.....	240	—
Fontaine Saint-Michel.....	44	—
Jet d'eau du grand bassin des Tuileries.....	25	—

Il s'agit là de fontaines monumentales ; on peut alimenter des vasques d'un bel aspect avec un débit infiniment plus faible.

Le *lavage des ruisseaux* entraîne une consommation variable : elle est très considérable à Paris où tout est entraîné à l'égoût : une bouche de lavage consomme de 6 à 10 mètres cubes par jour ; le lavage et l'arrosage de la voie publique en général absorbent 80 à 100 litres par tête et par jour, 35 0/0 de la consommation totale. On ne compte à Berlin que 2^{lit},5 par tête et par jour, en Angleterre 15 litres, en Amérique 30 à 45 litres suivant les saisons.

Les pertes sont un gros élément de la consommation ; avec beaucoup de soins et de surveillance on peut les réduire à 10 ou 15 0/0, mais il faut plutôt compter 25 0/0, même dans un réseau bien tenu.

Consommation moyenne par tête. — Darcy admettait qu'en France on pouvait avoir une bonne distribution d'eau avec 150 litres par tête, dont 60 litres réservés aux bornes-fontaines et à l'arrosage. Nous sommes convaincu qu'on peut encore, dans les cas ordinaires, obtenir à ce taux un bon service, avec une exploitation bien ordonnée et avec le compteur obligatoire.

En Angleterre, on admet une moyenne de 133 litres par jour ; il est vrai que le climat est humide et que, souvent, le service est intermittent.

Aux États-Unis, la consommation est beaucoup plus considérable ; elle varie dans les grandes villes de 250 à 500 litres et plus ; mais elle est sensiblement moindre dans les villes à compteurs, et, partout où on les a introduits, le gaspillage et les pertes se sont immédiatement atténués. Ce fait a été nettement constaté par M. Gariel en 1878.

Partout c'est dans les villes les plus peuplées que la consommation par tête est la plus forte ; en effet, dans les grandes villes les autres moyens d'alimentation manquent ou disparaissent, le nombre proportionnel des abonnements est plus grand et la consommation publique et industrielle est plus élevée.

D'après M. Lindley, la quantité moyenne livrée à la consommation dans des villes bien alimentées varie de 70 à 140 litres par tête et par jour ; on peut l'estimer en général de 100 à 120 litres. En été, elle est moitié plus forte, soit de 150 à 180 litres. A notre avis, sous nos climats tempérés, le taux indiqué par M. Lindley est très satisfaisant.

Dans de petites villes, où le service public est réduit à peu de chose, on peut encore arriver à de bons résultats avec 100 litres par tête et par jour ; dans les bourgs et villages, on est souvent bien heureux avec une proportion plus faible.

Nous donnerons dans un chapitre suivant la description sommaire des distributions d'eau établies dans la plupart des départements de France ; le lecteur y trouvera beaucoup de renseignements utiles sur la consommation.

Voici pour terminer la consommation par tête et par jour indiquée en diverses villes étrangères :

Berlin.....	70 litres.	Turin.....	70 litres.	Philadelphie..	616 litres.
Cologne.....	130 —	Naples, Gènes.	350 —	Londres.....	154 —
Dresde.....	80 —	Ferrare.....	70 —	Manchester...	94 —
Dusseldorf...	100 —	Florence.....	86 —	Glasgow.....	225 —
Stuttgart....	400 —	Venise.....	66 —	Liverpool.....	117 —
Lubeck.....	200 —	Chicago.....	575 —	Edimbourg...	180 —
Rome.....	650 —	New-York....	365 —	Birmingham..	99 —

Variations mensuelles de la consommation. — Naturellement la consommation mensuelle est beaucoup plus forte en été qu'en hiver, mais l'écart par rapport à la moyenne est moindre qu'on ne se le figure au premier abord.

Dans le nord et le centre de la France, en désignant par 1 la con-

sommission moyenne, on peut admettre pour la consommation mensuelle :

janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juill.	août	sept.	oct.	nov.	déc.
0,7	0,7	0,8	0,9	1,1	1,25	1,30	1,30	1,25	1,15	0,85	0,7

L'écart maximum est donc égal à la fraction 0,6 de la moyenne.

Ces chiffres ne sont évidemment qu'une indication.

A Bruxelles, en 1884, M. Verstraete a constaté que la consommation moyenne par jour était de 25 000 mètres cubes, qu'elle tombait à 20 000 quelques jours par an pendant les périodes humides et pluvieuses et qu'elle s'élevait à 33 000 aux périodes les plus ardentes de l'été (moyenne de 15 jours). Dans le chapitre de la *Statistique* nous indiquons plusieurs variations de la consommation.

Variations diurnes. — Les variations diurnes sont moins accusées. Partout la consommation est moindre les dimanches et jours de fête.

A Zurich, on a relevé les écarts suivants par rapport à la moyenne :

lundi	mardi	mercredi	jeudi	vendredi	samedi	dimanche
1,04	1,11	1,08	1,08	1,05	1,07	0,57

Dans les villes industrielles, la consommation du dimanche est nécessairement très réduite. En Belgique et en Hollande, le maximum se produit le samedi, jour de grand lavage, et est beaucoup plus accusé.

M. l'ingénieur H. Gill a donné la variation de la consommation journalière à Berlin de 1879 à 1892, tant pour la cité entière que pour la zone supérieure qui est dotée d'un service spécial ; les deux dernières colonnes indiquent pour chaque année le rapport de la consommation journalière maxima à la consommation journalière moyenne de l'année entière.

Variation à Berlin

ANNÉES	POPULATION DESSERVIE		VALEUR DE LA CONSOMMATION JOURNALIÈRE MAXIMA par rapport à la consommation journalière moyenne	
	VILLE ENTÈRE	ZONE SUPÉRIEURE	VILLE ENTÈRE	ZONE SUPÉRIEURE
1880	842 803	97 574	1,27	1,47
1881	887 501	102 355	1,30	1,38
1882	935 435	109 435	1,32	1,35
1883	968 141	115 257	1,34	1,21
1884	1 050 997	125 826	1,47	1,66
1885	1 086 859	131 948	1,34	1,34
1886	1 119 285	140 733	1,40	1,38
1887	1 147 468	149 282	1,34	1,51
1888	1 304 265	172 077	1,40	1,52
1889	1 334 088	179 305	1,46	1,35
1890	1 388 530	190 617	1,49	1,62
1891	1 427 148	207 818	1,32	1,43
1892	1 596 291	236 633	1,33	1,39

La moyenne des 13 années est 1,37 pour la ville entière et 1,43 pour la zone supérieure. La vente de l'eau se fait uniquement au compteur.

Le tableau ci après donne, pour diverses villes, la consommation moyenne journalière et la consommation maxima en mètres cubes, le rapport de celle-ci à la première, pour l'année 1890.

**Variation de la consommation dans diverses villes allemandes
(1890)**

VILLES	POPULATION DESSERVIE	CONSOMMATION JOURNALIÈRE EN MÈTRES CUBES		RAPPORT des deux CONSOMMATIONS	CONSOMMATION MOYENNE en litres, par tête et par jour
		Moyenne	Maxima		
Bâle.....	72 500	7 931	11 059	1,39	110
Berlin.....	1 427 148	97 017	129 633	1,34	68
Bochum.....	136 000	24 454	28 559	1,27	178
Brunswick.....	100 000	6 914	10 269	1,49	69
Chemnitz.....	138 665	5 731	9 875	1,72	41
Dantzig.....	106 707	10 111	»	»	94
Elberfeld.....	135 000	13 306	17 879	1,34	98
Giessen.....	21 000	360	587	1,63	17
Gotha.....	30 000	2 000	2 600	1,30	66
M. Gladbach.....	50 000	2 500	4 000	1,60	50
Magdeburg.....	198 000	18 100	22 793	1,26	91
Mannheim.....	79 000	3 960	7 570	1,91	50
Minden.....	21 000	493	613	1,24	24
Münster.....	49 000	2 517	3 729	1,48	51
Posen.....	70 000	3 228	5 758	1,78	47
Quedlinburg.....	20 000	572	709	1,24	29
Remscheid.....	41 000	1 084	1 593	1,47	26
Stade.....	10 200	242	440	1,82	24
Strasbourg.....	95 034	6 282	10 905	1,74	66
Weimar.....	24 500	1 338	1 793	1,34	55
Wiesbaden.....	62 000	4 835	7 200	1,49	80
Worms.....	26 000	2 630	3 700	1,41	101

La moyenne, pour l'ensemble, donne la valeur 1,49 pour le rapport du maximum à la moyenne.

Variations horaires. — Il n'y a pas beaucoup de villes en France qui enregistrent leur consommation d'eau, et c'est regrettable. En traitant du calcul de la capacité des réservoirs, nous donnons plus loin le graphique de la consommation de Châlons-sur-Marne.

La consommation moyenne étant de 73 mètres cubes par heure, elle tombe à 21 vers deux heures du matin et s'élève à 195 entre neuf et dix heures.

La variation est donc considérable.

Elle est généralement beaucoup moindre, surtout dans les grandes villes, ce qui se comprend facilement.

D'après Lindley, la consommation horaire maxima serait égale à une fois et demi la moyenne en été. Dans les villes à compteur on a constaté des maxima s'élevant à 1,54 au-dessus de la moyenne, et dans les villes à robinet libre des maxima s'élevant à 1,9.

En hiver la consommation proportionnelle de nuit est plus forte qu'en été.

Voici quelle a été, d'après M.-G. Dumont, la répartition de la consommation horaire pendant une journée d'été, en juillet 1876, dans les sept communes que dessert la Compagnie de la Banlieue de Paris : Asnières, Courbevoie, etc. :

De 6 à 7 h. matin, débit 0/0	3,12	De 6 à 7 h. soir, débit 0/0	4,68
7 à 8	4,68	7 à 8	4,79
8 à 9	5,72	8 à 9	4,68
9 à 10	6,03	9 à 10	4,16
10 à 11	5,51	10 à 11	3,75
11 à midi.....	5,00	11 à minuit.....	3,33
Midi à 1 h. soir.....	4,68	Minuit à 1 h.....	3,43
1 à 2	4,37	1 à 2	2,92
2 à 3	4,26	2 à 3	2,92
3 à 4	4,16	3 à 4	2,92
4 à 5	4,37	4 à 5	2,92
5 à 6	4,58	5 à 6	3,02

La consommation augmente de six à dix heures du matin où elle prend son maximum, diminue de dix heures à quatre heures du soir, augmente de quatre à huit, puis décroît jusqu'à deux heures du matin, où elle devient constante ; il n'y a guère alors que les réservoirs jaugés qui reçoivent leur filet d'eau. La présence de ces réservoirs ne permet pas de suivre la consommation vraie ; toutefois on voit qu'elle varie du simple au double.

Variation de la consommation par heure à Berlin, le 13 août 1892

(D'APRÈS M. L'INGÉNIEUR GILL)

HEURES	CONSOMMATION PAR HEURE mètres cubes	POURCENTAGE DE CETTE CONSOMMATION par rapport à la consommation totale du jour	RAPPORT de CHAQUE CONSOMMATION HORAIRE à la consommation horaire moyenne
Minuit à 1 heure	2 557	1,698	0,42
1 à 2 —	2 648	1,759	0,40
2 à 3 —	2 346	1,558	0,39
3 à 4 —	2 475	1,644	0,40
4 à 5 —	2 610	1,733	0,41
5 à 6 —	3 974	2,639	0,64
6 à 7 —	6 056	4,022	1,00
7 à 8 —	7 483	4,969	1,24
8 à 9 —	9 023	5,992	1,42
9 à 10 —	9 071	6,024	1,49
10 à 11 —	8 971	5,958	1,48
11 à midi	9 368	6,221	1,50
Midi à 1 heure	8 554	5,681	1,40
1 à 2 —	8 527	5,663	1,40
2 à 3 —	8 362	5,553	1,39
3 à 4 —	8 673	5,760	1,41
4 à 5 —	8 728	5,796	1,42
5 à 6 —	8 430	5,598	1,39
6 à 7 —	7 499	4,980	1,24
7 à 8 —	6 942	4,610	1,15
8 à 9 —	5 694	3,781	0,94
9 à 10 —	5 205	3,437	0,80
10 à 11 —	4 322	2,870	0,69
11 à minuit	3 063	2,034	0,49
TOTAL.....	150 581	100	

Ainsi la consommation horaire maxima est égale à une fois et demie la moyenne et à presque quatre fois la consommation horaire la plus faible.

Il est à remarquer que, pour une population de plus de

1 500 000 habitants, la consommation maxima, le 13 août 1892, n'a guère atteint que 100 litres par tête.

C'est qu'à Berlin la consommation publique n'est pas très élevée et que l'obligation du compteur réprime le gaspillage de la consommation privée.

Il vaut mieux, pour l'hygiène et la salubrité, que le gaspillage soit possible dans une certaine mesure ; pour avoir assez d'eau, il faut en avoir trop.

La plupart des auteurs admettent donc que la consommation horaire maxima est égale à *une fois et demie* la moyenne.

Nous croyons cette proportion trop faible en beaucoup de cas, et l'auteur d'un projet de distribution d'eau fera bien de rechercher toutes les circonstances qui peuvent la modifier.

Consulté à ce sujet pour la ville de Chantilly, centre de villégiature et d'écuries de course, nous avons estimé qu'il fallait compter sur une consommation horaire maxima égale à deux fois ou deux fois et demie la moyenne, et nous risquons encore d'être demeuré au-dessous de la vérité. La question était fort importante dans l'espèce, parce que le réservoir est à 3 kilomètres de la ville et qu'il fallait calculer le diamètre de la conduite d'adduction de manière à pouvoir desservir à toute heure avec une pression suffisante les habitations les plus éloignées.

Il faut donc se garer soigneusement *du danger que présente la considération des moyennes* dans l'étude des distributions d'eau.

Il faut que le système adopté soit en mesure de faire face, au prix d'un supplément de travail, si c'est nécessaire :

1° A la plus grande consommation journalière, que l'on suppose habituellement égale à une fois et demie la moyenne ;

2° A la plus grande consommation horaire, que l'on suppose habituellement égale aussi à une fois et demie la moyenne.

Pression à admettre dans le réseau. — Il ne suffit pas d'avoir de l'eau en quantité suffisante, il faut encore qu'elle arrive d'elle-même à tous les points de consommation et qu'elle y possède une pression suffisante pour fournir le débit demandé et les jets d'amplitude voulue.

La charge à réaliser dépend donc de la hauteur ordinaire des maisons. Quand elles sont à un seul étage, à deux étages au plus, une pression de 15 à 20 mètres peut suffire.

Dans les grandes villes à maisons élevées, il faut réaliser 40 ou 50 mètres, si c'est possible, et même 60.

Il ne faut pas oublier que les tuyaux de distribution sont de petit diamètre et consomment une charge considérable. Ainsi, un tuyau de

$0^m,027$, depuis longtemps en service, absorbe $0^m,05$ de charge par mètre courant pour un débit d'un tiers de litre à la seconde, $0^m,20$ pour un débit de $\frac{2}{3}$ de litre. S'il a 20 mètres de long, ce qui n'a rien d'excessif, il absorbera 4 mètres de charge.

Un tuyau de $0^m,04$, pour un débit de 1 litre à la seconde, absorbe $0^m,05$ de charge par mètre.

Ces chiffres montrent combien il importe de ne pas employer de trop petits diamètres pour le service des maisons et édifices de quelque importance.

Un tuyau d'incendie de $0^m,06$ de diamètre peut absorber $0^m,10$ de charge par mètre courant pour un débit de 4 litres à la seconde. S'il a 20 mètres de long, c'est une perte de 2 mètres.

Ce sont là toutes circonstances à ne point perdre de vue lorsqu'on étudie un projet. Malheureusement, la solution est souvent commandée par la situation des lieux et par les ressources mêmes dont on dispose.

Lorsqu'il faudrait acheter trop cher l'élévation de l'eau à tous les étages, on se contentera, dans les petites villes et les bourgs, d'assurer le service en tout temps au rez-de-chaussée ; ce sera déjà une amélioration considérable par rapport à l'état habituel des choses.

Il n'y a pas toujours avantage à réaliser *les grandes pressions* lorsqu'elles sont possibles, car l'établissement et l'entretien des conduites et des appareils de distribution deviennent plus coûteux et plus difficiles lorsque la pression est considérable. On est même obligé de recourir dans ce cas à des engins *modérateurs* de pression, afin d'éviter les coups de bélier funestes aux appareils.

Cependant, lorsque les fortes pressions résultent de la situation même et que l'eau distribuée est susceptible d'être employée comme force motrice, on peut les admettre. Il ne faut cependant pas se faire illusion sur la valeur de l'eau comprimée en tant que force motrice : si vous avez une pression d'eau de 75 mètres, un cheval-vapeur brut consommera 1 litre à la seconde, et 2 litres avec un rendement mécanique de 0,5, soit 7 mètres cubes à l'heure. Il est rare que le prix du mètre cube d'eau tombe au-dessous de $0^r,20$, ce qui met le cheval-heure à $1^r,40$, prix très élevé.

Division par zones. — Afin de n'avoir pas des pressions excessives dans les parties basses des villes à relief accidenté, on est parfois amené à répartir le service en plusieurs zones. C'est une complication, un supplément de dépense d'établissement et de dépense d'exploitation ; il faut donc s'assurer que l'économie de travail moteur compensera tout cela. Nous reviendrons sur cette question en traitant des réservoirs et à l'occasion de divers exemples de distributions.

RECHERCHE DES EAUX DISPONIBLES. — SOLUTIONS DIVERSES

Il est toujours facile de déterminer la quantité d'eau nécessaire pour une distribution, mais la trouver est plus délicat ; la recherche du second terme du problème, de qui dépend la solution finale, offre souvent de grosses difficultés.

Il faut à la fois réunir la quantité et la qualité d'eau voulues ; mais on est conduit parfois à sacrifier l'une à l'autre et à adopter des solutions mixtes, ce qui est chose regrettable.

On emploie pour l'alimentation soit les eaux superficielles, soit les sources, soit les eaux souterraines.

1° Les *eaux superficielles* sont empruntées aux rivières, aux lacs et aux étangs naturels ou artificiels. Les eaux de rivière constituaient autrefois l'alimentation principale des populations ; le développement de l'industrie, l'établissement des égouts dans les villes ont pollué la plupart des cours d'eau, réceptacle et véhicule naturel des immondices et des résidus de l'existence. Aussi éprouve-t-on, particulièrement en France, une grande répugnance à s'alimenter avec les eaux de rivière ; la situation n'est pas la même à l'Étranger, surtout depuis que les procédés de filtrage et de purification perfectionnés permettent d'obtenir une eau limpide et suffisamment pure. En France même, les sources ont donné tant de mécomptes, surtout au point de vue de la quantité, qu'on revient aujourd'hui aux eaux superficielles ;

2° Les *sources*, lorsqu'elles sont vraiment dignes de ce nom, lorsqu'elles proviennent d'un long filtrage souterrain et non de la réapparition d'un cours d'eau qui s'est frayé un lit souterrain sur une partie de son cours, sont en général limpides et salubres ; mais elles constituent une ressource parfois précaire, puisque le produit minimum coïncide avec les époques de consommation maxima ;

3° Les *eaux souterraines*, qui engendrent les sources lorsqu'elles s'épanchent au jour, ont de tout temps alimenté les puits individuels, encore si répandus dans les bourgs et les villages. La nécessité a conduit à les utiliser davantage, à les capter par des galeries et par des puits considérables, à les amener au jour par des procédés divers.

Les procédés qui servent à élever les eaux sont indépendants de leur provenance ; parfois les eaux peuvent arriver d'elles-mêmes, par le simple jeu de la gravité, au réservoir de distribution. Cette solution devient de plus en plus rare et, lorsqu'elle est impossible, il faut recourir aux machines élévatoires.

Cet exposé résume la matière et la division des chapitres qui vont suivre ; mais il est impossible de maintenir d'une manière absolue la séparation méthodique entre les divers sujets qui nécessairement empiètent les uns sur les autres et se mélangent dans une certaine mesure.

CHAPITRE XV

EXEMPLES DE DÉRIVATIONS

SOMMAIRE. — Considérations générales sur les aqueducs et conduites de dérivation. — Du choix à faire entre la conduite libre et la conduite forcée. — Aqueducs en maçonnerie : anciens aqueducs en maçonnerie ; eaux de Rome ; distribution d'eau d'Avallon ; distribution d'eau de Dijon ; distribution d'eau de Marseille ; distribution d'eau de Saint-Etienne ; eaux de New-York ; distribution d'eau de Washington ; eaux de Paris : situation du service des eaux en 1867, situation du service en 1890, travaux en cours ; captation et adduction d'une nappe souterraine à Coulanges-la-Vineuse ; eaux de Coulommiers ; eaux de Dieppe, travaux exécutés pour couvrir les sources qui prennent naissance dans le bassin du Vivier ; dérivation de sources pour Francfort-sur-le-Mein ; dérivation d'une source pour alimentation d'une gare ; adduction d'eau de Ferrare ; alimentation d'eau du château de la Roche-Guyon ; eaux de Naples.

Considérations générales sur les aqueducs et conduites de dérivation. — Lorsqu'il s'agit d'établir un aqueduc de dérivation, le point de départ est toujours donné et ne peut être changé ; il en est presque toujours de même du point d'arrivée.

La pente par mètre ou la perte de charge est donc connue, et les formules permettent de calculer la section que devra présenter l'aqueduc pour débiter le volume demandé.

Cependant, il arrive quelquefois qu'on jouit d'une certaine latitude pour l'emplacement du réservoir de distribution. Dans ce cas, il va sans dire qu'il ne faut pas le placer à un niveau beaucoup plus élevé qu'il n'est nécessaire, car on se trouverait entraîné à des augmentations de dépenses pour la construction de l'aqueduc et l'établissement des conduites ; mais il ne faut pas se borner non plus à l'altitude strictement nécessaire, car on se ménagerait alors des mécomptes pour l'avenir. Nous reviendrons ultérieurement sur ce point.

La vitesse d'écoulement dans un aqueduc de dérivation est proportionnelle à la racine carrée de la pente ; c'est-à-dire qu'il n'y a pas un grand intérêt à rechercher les pentes considérables.

Cependant il faut que la pente soit assez forte pour imprimer à l'eau une certaine vitesse, afin que son voyage de la source au réservoir

voir ne dure pas trop longtemps. Si l'eau n'avait qu'une vitesse de 0^m,40, elle parcourrait 1 kilomètre en dix mille secondes ou en deux heures quarante-six minutes ; elle mettrait onze jours à parcourir un aqueduc de 100 kilomètres ; elle perdrait pendant ce temps toutes ses qualités et pourrait même se corrompre.

Genieys prétendait que la vitesse ne devait jamais être inférieure à 0^m,35. Cette limite est beaucoup trop élevée. On comprend, du reste, qu'elle dépend essentiellement de la longueur de l'aqueduc.

Les aqueducs ou rigoles en terre ne doivent être adoptés que pour des dérivations de grande importance, destinées à former en même temps des canaux de navigation. Il est difficile de maintenir dans une rigole en terre, ou même dans une rigole en maçonnerie, les qualités de l'eau potable.

En fait, on ne se sert aujourd'hui que de rigoles fermées ou de conduites forcées.

Dans les *conduites forcées*, la vitesse doit être comprise entre un minimum de 0^m,40 à la seconde, afin d'éviter les dépôts et les incrustations *ainsi que les dégagements d'air*, et un maximum de 2 mètres si l'on ne veut augmenter les pertes de charge. En fait, on dépasse rarement la vitesse de 1 mètre à la seconde, et il vaut mieux se tenir au-dessous de cette limite, quand on le peut faire et lorsque les coups de bélier ne sont pas inévitables.

L'obligation de conserver dans les tuyaux forcés une vitesse suffisante conduit à les écarter complètement lorsque la pente disponible est très faible.

Dans les *conduites libres* en maçonnerie, les grandes vitesses seraient dommageables à la durée des ouvrages ; la vitesse de 1 mètre à la seconde paraît aussi un maximum, et l'on s'en tient d'ordinaire à des vitesses de 0^m,30 ou 0^m,50.

La vitesse dans une conduite forcée ne devant pas tomber au-dessous de 0^m,40, le plus grand rayon qu'on puisse adopter pour un débit Q résulte de l'équation :

$$Q = \pi R^2 U$$

ou :

$$R = \sqrt{0,8.Q.}$$

Ainsi, pour un débit de 0^m,025, ou 25 litres à la seconde, on trouve qu'il ne faut pas adopter un rayon supérieur à 0^m,14.

Du choix à faire entre la conduite libre et la conduite forcée. — Le problème de la dérivation se présente d'ordinaire sous la forme suivante : on a un débit Q à amener de la source au réservoir

et on dispose d'une chute totale H ; il s'agit de choisir entre un aqueduc à section libre, c'est-à-dire incomplètement rempli par l'eau, et une conduite forcée, c'est-à-dire complètement remplie.

La section libre entraîne nécessairement une plus grande longueur de dérivation, puisqu'il faut conserver une très faible pente ; on doit suivre, ou à peu près, la direction générale des courbes de niveau du terrain, contourner tous les contreforts, remonter tous les thalwegs, afin d'éviter des souterrains coûteux, qui parfois cependant constituent la solution la plus économique.

La conduite forcée peut se rapprocher davantage de la ligne droite ; elle admet une pente constamment variable, puisque le débit dépend uniquement de la dénivellation entre le point de départ et le point d'arrivée.

Mais les dimensions de la conduite forcée sont limitées par le maximum pratique du diamètre à admettre pour les tuyaux : $1^m,20$ à $1^m,50$. Les débits très considérables ne peuvent donc être assurés que par des aqueducs en maçonnerie à écoulement libre.

Pour les petits débits, au contraire, l'avantage appartient nécessairement aux conduites forcées. En effet, la dépense d'un aqueduc libre n'est pas proportionnelle au diamètre, comme pour les tuyaux forcés ; cette dépense est de la forme $(m + nQ)$, il y a toujours une constante m inévitable, qui, multipliée par le rapport des longueurs des deux dérivations, peut dépasser le prix élémentaire de la conduite forcée.

La question du choix ne se pose donc guère que pour les débits moyens.

D'après la formule de Darcy, le rayon de la conduite forcée qui débite Q avec une chute totale H et une longueur L est donnée par l'équation :

$$R = \sqrt[5]{\frac{b_1 Q^2 L}{\pi^2 \cdot H}}$$

et la dépense correspondante est sensiblement égale à $m.R.L.$ ou à :

$$m \sqrt[5]{\frac{b_1 Q^2 L^6}{\pi^2 H}}$$

La dépense par mètre cube d'eau transportée ressort donc à :

$$m \sqrt[5]{\frac{b_1 L^6}{\pi^2 H \cdot Q^3}}$$

ou à :

$$K \cdot Q^{-\frac{3}{5}}$$

Ces formules permettent d'évaluer la dépense dans les divers cas ; elles montrent bien la petite influence de la hauteur H et, au contraire, l'influence énorme du rayon de la conduite.

C'est une notion qu'il faut bien saisir, car les gens inexpérimentés ont toujours une tendance à *accorder à la pente de la dérivation une importance qu'elle n'a pas*. Avec quelques mètres de chute on peut amener de fort loin un grand volume d'eau.

Pour comparer l'aqueduc libre à la conduite forcée, on se contentera dans un avant-projet d'appliquer à l'aqueduc la formule :

$$U = 50 \sqrt{R.I.}$$

A section égale, la conduite libre exige moins de pente que la conduite forcée. Exemple : soit une conduite forcée de rayon r et de pente j , et un canal libre à section demi-circulaire ayant pour rayon $r \sqrt{2}$ et pour pente i . La vitesse dans la conduite est égale à $\sqrt{\frac{r \cdot j}{b_1}}$ et

celle dans le canal à $50 \sqrt{\frac{r \cdot i}{\sqrt{2}}}$; le coefficient b_1 applicable aux vieux

tuyaux, a pour valeur environ 0,00105 ou, en nombre rond, 0,001.

Si on exprime que les débits sont les mêmes, on trouve approximativement :

$$j = i \times 1,8$$

Comme il est facile, sans accroissement sensible de dépense, d'augmenter la section d'écoulement de l'aqueduc, on voit que l'on peut avec ce dernier obtenir un débit quelconque avec une pente des plus réduites. En effet, on sait que la pente de 0^m,10 par kilomètre est aujourd'hui admise couramment.

Il est inutile de pousser plus loin ces calculs théoriques, car il n'y a point de formule générale à établir pour la solution du problème.

La première chose à faire dans chaque cas est d'établir le *plan avec courbes de niveau* de la région à traverser entre la source et le réservoir, et c'est sur ce plan que l'on étudie les diverses solutions possibles.

Le plus souvent la *véritable solution économique est une solution mixte* : on adopte un aqueduc libre toutes les fois qu'on peut se développer facilement sur le flanc du coteau d'une vallée régulière, et on a recours à la conduite forcée pour la traversée des vallées secondaires et des passages difficiles. C'est ce système mixte que nous rencontrons le plus souvent dans les exemples qui vont suivre.

AQUEDUCS EN MAÇONNERIE

Les aqueducs en maçonnerie sont de fort beaux ouvrages, que les siphons métalliques ont avantageusement remplacés au point de vue économique, et qui malheureusement présentent, dans la pratique, les inconvénients bien connus des réservoirs en maçonnerie exposés à l'air libre. Il n'y a point de maçonnerie qui, soumise aux influences atmosphériques, demeure étanche.

Aussi, dans le nord et le centre de la France, la plupart des ponts-canaux et des ponts-aqueducs sont-ils criblés de fuites. Les exemples qu'on pourrait citer sont nombreux.

Ainsi, le pont-aqueduc de Mont-Saint-Pont, construit vers 1853 pour les eaux de Bruxelles, ne cessa jamais de donner des difficultés. A peine achevé, il montra des parois humides ; les ruissellements suivirent et se développèrent, et l'on eut en hiver des masses de glace suspendues à l'ouvrage.

On essaya de corriger les défauts d'étanchéité ; les cimentages internes et externes étaient à peine achevés que les suintements réapparaissaient avec abondance.

La situation devint critique, on sacrifia ce pont-aqueduc, qui avait coûté 50 000 francs, et on le remplaça par un siphon en fonte de 0^m,60 de diamètre, qui n'en coûta que 20 000 et qui donna toute tranquillité.

Il faut donc, à moins d'impossibilité, remplacer le pont-aqueduc par le siphon métallique. Si le sol de la vallée à traverser ne permet point d'y enfouir un siphon, on conserve cependant la conduite forcée, mais on la supporte par un pont en maçonnerie ou par un ouvrage métallique de faible hauteur.

A notre avis, un ingénieur, qui aurait à projeter un pont-aqueduc de quelque importance, devrait prévoir pour la cuvette un revêtement métallique.

Anciens aqueducs en maçonnerie. — Les Romains nous ont laissé comme aqueducs en maçonnerie des monuments remarquables. Le pont du Gard, planche 19, en est un spécimen.

Les pentes de ces aqueducs sont relativement fortes et ne tombent guère au-dessous de 0^m,50 par kilomètre ; la cause en est sans doute à la difficulté que présentaient autrefois les nivellements de précision, à l'absence de formules mettant en relief l'influence de la pente sur le débit, au désir d'augmenter la vitesse et de diminuer la durée du voyage des eaux.

Aujourd'hui, on peut facilement descendre à une pente kilométrique de 0^m,10 ou 0^m,15, avec laquelle on obtient d'ordinaire une vitesse d'au moins 0^m,30 à la seconde, suffisante pour empêcher les dépôts et obstructions.

A la rigueur, on pourrait recourir à des pentes beaucoup plus faibles encore, mais on réduirait la vitesse outre mesure et, à débit égal, on augmenterait la section.

A moins d'absolue nécessité, il ne faut donc pas admettre des pentes inférieures à 0^m,10 par kilomètre ; rien n'empêche de dépasser ce taux lorsqu'on n'a pas à ménager la hauteur. Toutefois il nous semble qu'il ne faut pas dépasser les pentes qui donnent une vitesse moyenne de plus de 1 mètre à la seconde. Dans ce cas, il conviendra notamment de rechercher si on n'aurait pas avantage à substituer une conduite forcée à l'aqueduc libre ; l'étude comparative des dépenses est un point capital du problème.

Lorsque la hauteur n'est pas à ménager, il n'est pas nécessaire de chercher une pente régulière ; on adopte, au contraire, une pente variable suivant les sections, eu égard à la configuration et à la nature du terrain, et parfois on est amené à raccorder les diverses sections par des chutes brusques.

Les Romains connaissaient les siphons pour la traversée des vallées et s'en servaient dans les petites canalisations ; mais ils conservèrent nécessairement les ponts-aqueducs sur les canaux d'aménée, parce qu'ils n'avaient pas les moyens de faire des conduites forcées de grand diamètre et de forte résistance.

Pour le même motif, les aqueducs principaux se ramifiaient à leur entrée en ville, et les rameaux aboutissaient à une série de châteaux d'eau (*Castella*) ; au temps de Frontin, il y avait à Rome 247 de ces châteaux d'eau.

C'est par eux que se faisait la distribution finale ; on voyait en eux des calices de prise d'eau, alimentant autant de conduites forcées qu'il y avait de domaines à desservir. Ce système de répartition était encore pratiqué à Paris au commencement du siècle actuel.

Voici la pente de quelques aqueducs en maçonnerie.

Aqueduc de l'eau Cláudia, à Rome.....	3 ^m ,30 par kilomètre	
— du Mont-Pila, à Lyon.....	1,67	—
— d'Arcueil (Paris).....	0,417	—
— de Roquencourt (Versailles).....	0,294	—
— de Montpellier.....	0,25	—
— de Marseille, dérivé de la Durance.....	0,30	—
— de la Dhuis et de la Vanne.....	0,10	—
— du Croton à New-York.....	0,21 et 0,14	—

Avec une aussi faible pente, on ne pourrait substituer des tuyaux forcés à l'aqueduc maçonné, parce que l'eau ne pourrait y prendre, quel que fût le diamètre, une vitesse atteignant au moins le minimum précédemment fixé.

1° EAUX DE ROME

« Si l'on considère, dit Pline, la quantité incroyable d'eaux qu'on avait fait venir à Rome pour l'usage du public, pour les fontaines, les bains, les viviers, les maisons particulières, les jardins, les maisons de campagne ; si l'on se représente des arcades construites à grands frais et conduites pendant un très long espace de chemins, des montagnes coupées, des roches percées, des vallées profondes comblées, on avouera qu'il ne s'est rien vu de plus merveilleux dans tout l'univers. »

Voici les dates et la longueur des principales dérivations :

1° En l'an 442 de Rome, dérivation de la source Appia. — Longueur 26 000 mètres, presque tout entière en souterrains ; 40 mètres seulement étaient en arcades ;

2° En l'an 484, dérivation du fleuve Anio, affluent du — Tibre. La longueur de cet aqueduc de l'Anio-Vieux était de 63 800 mètres, dont 330 mètres seulement en superstructure ;

3° En l'an 608 de Rome, construction par le préteur Marcus de l'aqueduc qui porte le nom d'eau Marcia et qui amène au Capitole des eaux de sources très pures, prises sur la rive droite de l'Anio, à une distance de 91 600 mètres ; l'aqueduc se trouvait en substruction sur 750 mètres et en arcades sur 10 500 mètres aux environs de Rome ;

4° En l'an 627 de Rome, on dérive les sources de la Tépula et de la Julia. — La longueur de l'aqueduc est de 23 000 mètres, dont plus de 9 000 mètres en arcades. L'aqueduc de la Tépula est superposé aux arcades de l'aqueduc Marcia, et l'eau de la Julia coule sur le même aqueduc au-dessus de l'eau de la Tépula ;

5° En 732, on construit l'aqueduc de l'eau vierge, eau de source excellente maintenue à sa naissance dans une enceinte de maçonnerie de briques et ciment. La longueur de l'aqueduc est de 23 000 mètres, dont environ 1 050 mètres en arcades ;

6° Vers la même époque, on dérive les eaux du lac Alsietinus, eaux peu salubres, destinées à la naumachie d'Auguste et à l'usage des jardins. Longueur de cette dérivation, 33 000 mètres ;

7° Auguste renforça l'eau Appia par un ruisseau dérivé en souterrain sur 4 kilomètres, et l'eau Marcia par une source de la rive droite de

l'Anio, dérivée au moyen d'un aqueduc de 500 mètres de long : cette source portait le nom d'eau Augusta ;

8° Caligula, et Claude après lui, amenèrent à Rome, pour les besoins d'un luxe sans cesse croissant, l'eau Claudia et une seconde dérivation de l'Anio. Cette dérivation, faite sur le cours supérieur, amène l'eau sur toutes les collines au moyen d'aqueducs dont les arcades atteignent 33 mètres de hauteur, et qui a près de 69 kilomètres de long. Les eaux souvent troubles s'épuraient dans des piscines disposées sur le cours de l'aqueduc.

Les aqueducs romains étaient en maçonnerie ; leur section, d'abord rectangulaire, fut ensuite profilée en plein cintre.

L'ouverture des voûtes des arcades variait de 5 à 8 mètres.

L'aqueduc Claudia avait, aux abords de Rome, dans la partie en arcades, une pente de 0^m,0015 par mètre, et depuis l'origine des arcades jusqu'à la source, une pente de 0^m,0023.

La pente de l'aqueduc de l'eau Marcia était aussi d'environ 0^m,022.

Les anciens aqueducs possédaient une pente plus forte, Vitruve parle de 0^m,005.

L'approvisionnement total de la Rome impériale s'élevait à 1 500 000 mètres cubes d'eau par jour, pour un nombre d'habitants qu'on peut évaluer à un million. C'est 1 500 litres par jour et par tête ; nous sommes encore bien loin de cette profusion.

Eaux de Rome moderne. — Rome n'était plus alimentée vers 1860 que par trois aqueducs : l'eau Vergine, l'eau Felice et l'eau Paola.

L'eau Vergine (ancienne eau Vierge) et l'eau Felice proviennent de sources ; l'eau Paola est alimentée à la fois par des sources et par le lac Bracciano.

Le volume total, versé chaque jour dans Rome, est de 180 000 mètres cubes ; c'est encore une proportion considérable par tête d'habitant, puisque la population de Rome n'était, en 1858, que de 170 000 habitants.

L'eau Vergine est la seule potable ; l'eau Felice est chargée de calcaire, et l'eau Paola de limon et de substances organiques.

On a ajouté à ces eaux l'eau Marcia ou Pia, dérivée de l'Apennin. Elle a, comme le Tibre, un degré hydrotimétrique de 28 à 29, tandis que les autres sources, sortant des terrains volcaniques, ne marquent que 11 à 18°.

2° DISTRIBUTION D'EAU D'AVALLON

La distribution d'eau d'Avallon a été projetée et exécutée en 1847, par Belgrand, qui a rendu compte de son travail dans une notice insérée aux *Annales des Ponts et Chaussées* de 1850.

Les figures 1 à 3 de la planche 16 donnent la section de la conduite et le profil en long de la distribution qui se compose :

« 1° D'une conduite libre en béton de ciment de Vassy, de 3 629 mètres de longueur établie entre les sources de l'étang Minard, dans la vallée d'Aillon, et la pointe du contrefort des Alleux qui domine le Cousin en face de la ville ;

2° De vingt et un regards établis sur cette conduite ;

3° D'un réservoir de forme cylindrique ayant 16 mètres de diamètre intérieur, 2 mètres de profondeur, recouvert d'une voûte en calotte sphérique de 2^m,14 de flèche, formée de trois rangs de briques simples posées à plat, à bain de mortier de ciment ;

4° D'une conduite forcée de 1 270 mètres de longueur, en tuyaux de fonte de 0^m,162 de diamètre intérieur, destinée à franchir le ravin de 88 mètres de profondeur, au fond duquel roule le Cousin, et à établir une communication entre le réservoir et la ville ;

5° D'un pont-aqueduc sur le Cousin, d'une seule arche de 30 mètres d'ouverture et de 3 mètres de flèche, construite en maçonnerie brute avec mortier de ciment de Vassy. »

La conduite libre, partant de A, suit le lit de l'ancien ruisseau pour recueillir une multitude de petites sources jusqu'en B ; en C elle en recueille de nouvelles.

Entre A et C, sur 357 mètres, la pente de la conduite suit celle de la prairie, 1 à 8 millimètres par mètre.

De C en F jusqu'au réservoir des Alleux, sur 3 272 mètres, la conduite se développe à flanc de coteau sur les terrains granitiques avec une pente uniforme de 1 centimètre pour 30 mètres, ou d'un tiers de millimètre par mètre.

Sauf aux points D et E, où l'on a dû exécuter l'aqueduc dans des tranchées de quelques mètres de profondeur, afin d'éviter un long détour, cet aqueduc se trouve dans une fouille descendant à 1^m,50 au-dessous du sol.

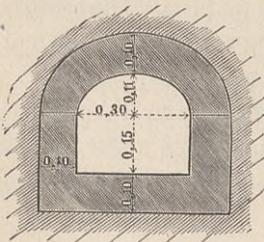


Fig. 3.

Le profil de l'aqueduc est celui de la figure 3 : cuvette de 0^m,30 sur 0^m,15, recouverte d'une anse de panier de 0^m,30 sur 0^m,11 ; épaisseur uniforme de la maçonnerie, 0^m,10. Il en résulte un cube de 0^m,136 par mètre courant, porté à 0^m,1375, afin de donner aux

piédroits un léger fruit destiné à faciliter le moulage.

Cet aqueduc a coûté 7 francs le mètre courant ; une galerie voûtée, capable de livrer passage à un homme, ce qui est une condition nécessaire pour les réparations, eût coûté 38 francs le mètre. Avec l'aque-

duc en ciment, lorsqu'une avarie locale survient, on enlève le tronçon détérioré et on le remplace par une pièce moulée toute neuve.

Le tableau suivant donne le débit de l'aqueduc pour des hauteurs d'eau de 5, 10 et 15 centimètres ; ce débit a été calculé par la formule de M. Bazin $Ri = Au^2$, dans laquelle on a donné à A les valeurs qui conviennent aux parois unies :

HAUT. D'EAU DANS LA CUVETTE	SECTION	PÉRIMÈTRE	RAYON	COEFFICIENT A	VITESSE MOYENNE u	DÉBIT	
	D'ÉCOULEMENT	MOUILLÉ	MOYEN			A LA SECONDE (litres)	PAR 24 HEURES (mètres)
mètre	m ² .	mètre			mètre		mc.
0,05	0,015	0,4	0,0375	0,000549	0,15	2,25	194
0,10	0,030	0,5	0,06	0,000412	0,223	6,69	578
0,15	0,044	0,6	0,075	0,000358	0,265	11,925	1 030

Les regards, espacés de 150 mètres, sont des cylindres verticaux de 0^m,80 de diamètre, recouverts d'une dalle qui fait saillie de 0^m,05 sur le sol ; à l'aplomb du regard, le fond de l'aqueduc est établi à 0^m,10 en contre-bas des parties voisines ; c'est dans la cavité ainsi formée que s'amassent les sables et les terres qui sont entraînés par le courant et qu'on enlève de temps en temps.

Le réservoir cylindrique des Alleux a une capacité de 400 mètres cubes ; l'épaisseur du radier est de 0^m,50 et celle des murs d'enceinte est de 2 mètres, avec seize contreforts de 1^m,50 de large et de 1 mètre d'épaisseur. La voûte, en trois rangs de briques à plat, a une épaisseur de 0^m,14 avec sa chape de 0^m,03 ; elle est recouverte d'une couche de terre de 0^m,50 et porte ainsi 900 à 1 000 kilogrammes par mètre carré.

Les murs et le radier du réservoir sont recouverts d'une chape en mortier de ciment de 0^m,03 d'épaisseur.

La conduite forcée part du fond du réservoir ; lorsque celui-ci est plein jusqu'à son déversoir, la charge sur le point le plus bas de la conduite est 88^m,80, et la charge disponible entre le réservoir et le point où la conduite débouche, pavé de la tour d'Horloge, est de 7 mètres pour une longueur de tuyau de 1 270 mètres.

Calculons le débit de cette conduite forcée, en nous servant de la formule de Darcy :

$$Ri = b_1 u^2 ;$$

Le rayon R est égal à..... 0^m,081

La perte de chaque i par mètre courant est égale à..... $\frac{7}{1270}$.

le coefficient b_1 est égal à 0,00586 pour les tuyaux neufs et à deux fois ce nombre pour des tuyaux en service depuis quelque temps.

Ces nombres nous donnent :

$$u^2 = 0,38 \quad u = 0,616,$$

et, comme la section est de $0^{\text{m}^2},0206$, le débit de la conduite atteint le chiffre de $12^{\text{lit}},69$ à la seconde.

On voit donc que la conduite forcée débitera facilement le volume qu'amène au réservoir l'aqueduc coulant à pleine cuvette.

Les tuyaux sont en fonte, à cordon et emboîtement ; leur épaisseur a été proportionnée à la charge maxima qu'ils devront supporter, et calculée par la formule connue.

L'aqueduc est, avons-nous dit, en béton de ciment de Vassy ; on moule séparément la cuvette et la voûte qui la recouvre ; les morceaux de la cuvette avaient $0^{\text{m}},50$ de long et ceux de la voûte $0^{\text{m}},25$.

Chaque mètre cube de béton a employé, pour le moulage seulement :

1,46 de maçon,
2,36 de gâcheur,
0,25 de manœuvre,
392 kilogrammes de ciment de Vassy,
$0^{\text{m}},445$ de sable,
$0^{\text{m}}645$ de pierrailles.

Il va sans dire que les morceaux successifs étaient soudés entre eux au moyen d'un bon mortier de ciment.

Pour le captage des sources, la cuvette de l'aqueduc a été posée à morceaux jointifs comme dans le travail courant ; mais on a laissé entre les morceaux successifs de la petite voûte des joints libres de $0^{\text{m}},10$, par où les eaux tombent dans la cuvette qui ne les abandonne plus. La conduite est entourée d'une pierrée recouverte de mousse, afin que les eaux seules puissent passer sans entraîner les terres et les détritits.

La dépense totale s'est élevée à $97.598^{\text{fr}}18$, qui se décompose comme il suit :

Conduite libre de 3 630 mètres de longueur.....	33,223 ^f 96
Réservoir.....	11,463 ^f 42
Pont-aqueduc.....	9,189 ^f 28
Conduite forcée de 4 270 mètres.....	35,601 ^f 41
Dépenses en régie pour épuisements et terrassements dans l'eau.	6,835 ^f 41
Frais de surveillance.....	1,285 ^f 00
TOTAL ÉGAL.....	97,598 ^{fr} 18

Il faut bien remarquer que dans cette dépense n'entrent pas les frais de distribution dans la ville même.

On apporterait aujourd'hui à l'œuvre de Belgrand les modifications suivantes :

On remplacerait par une section elliptique ou circulaire la section rectangulaire de l'aqueduc en ciment ;

On éviterait vraisemblablement le pont-aqueduc sur le Cousin et on logerait la conduite dans le lit de la rivière ;

On chercherait à remplacer le réservoir des Alleux par un réservoir situé sur l'autre rive du Cousin, au voisinage immédiat de la ville, dont la distribution serait ainsi beaucoup mieux assurée, quelles que soient les variations de la consommation.

3° DISTRIBUTION D'EAU DE DIJON

La distribution d'eau de Dijon a été établie par Darcy, inspecteur général des Ponts et Chaussées, qui en a consigné les détails dans une œuvre fort intéressante et très remarquable, restée classique sur quelques points.

Historique des eaux de Dijon. — D'après Grégoire de Tours, Dijon était, vers la fin du vi^e siècle, une place forte au sud de laquelle coulait la rivière d'Ouche, tandis que du nord descendait la rivière de Suzon, dont les eaux parcouraient les fossés des remparts.

Du vii^e siècle au xvii^e siècle, les eaux de diverses fontaines de Dijon furent amenées dans la ville, entre autres les sources de la Ribottée et des Lochères qui, conduites dans un aqueduc en bois de 596 toises, étaient reçues dans une auge en pierre surmontée d'un lion en pierre (1445).

En 1534, furent détruites les fontaines de Champ-Damas et de la tour Saint-Nicolas, créées quatre-vingt-neuf ans auparavant.

Dans la même année 1534, on amena sur la place de Saint-Michel la fontaine de Champ-Maillot ; mais, en 1556, la conduite ne fonctionnait déjà plus. Elle fut rétablie, puis supprimée en 1636, à cause de l'infection que dégageaient les eaux croupissantes du bassin Saint-Michel.

En 1619, un fontainier s'engagea à conduire sur la place de la Sainte-Chapelle, moyennant une somme de 2 700 livres, une source située près de Montmusard ; la fontaine de la Sainte-Chapelle fut détruite vingt ans après, en 1640.

Les eaux de ces fontaines étaient peu abondantes et variaient de 15 à 30 litres par minute.

Le cours de Suzon, qui arrosait les remparts de la ville, n'a jamais été bien régulier et a éprouvé fréquemment des diminutions énormes ; en 1418, le Conseil de ville délibère : « Qu'on fasse rompre une grosse pierre étant au cours de Suzon, afin que, par ce moyen, l'eau du dit Suzon vienne plus souvent à Dijon qu'il ne fait. » Des règlements fréquents interdirent de jeter dans le cours de Suzon tous gravats et immondices.

En 1561, sur une ordonnance du vicomte Maïeur et des échevins, le cours de Suzon fut visité pour y rechercher les sources que l'on pourrait y amener ; les experts remarquèrent surtout, près de Messigny, une belle et grosse fontaine, appelée fontaine du Rosay ou du Rosoir, dont ils dirent : « Et sont les sources d'icelle, la plupart bouchées de sable, argile, et encombrées de limons de terre qui empêchent fort la dite fontaine de jeter et effluer son eau. »

De ce moment germa l'idée de conduire à Dijon le produit de la fontaine du Rosoir, mais on voulait toujours emprunter le lit de Suzon, lit perméable où l'eau se perdait vite ; il eût fallu établir une cuvette maçonnée, et l'on reculait devant la dépense de construction et d'entretien.

Au *xix*^e siècle, Dijon se trouvait toujours dans une déplorable situation au point de vue des eaux potables ; les habitants avaient exclusivement recours à des puits particuliers et à une centaine de puits placés sur les voies publiques ; ces derniers n'étaient même pas couverts et il n'était pas rare que le seau qui ramenait l'eau destinée aux usages domestiques renfermât un animal noyé depuis plusieurs jours.

Darcy se posa le problème d'amener à Dijon 450 litres d'eau par habitant et par jour, soit 4 500 mètres cubes en tout par vingt-quatre heures.

Il montra d'abord que, si l'on prenait cette eau dans la rivière d'Ouche et qu'on l'élevât par machines, il faudrait dépenser 100 000 francs comme capital de construction, et au moins 30 000 francs par an en frais d'exploitation. Par ce procédé, on obtiendrait des eaux imposables en temps de crue, d'un goût marécageux en temps de sécheresse, et d'une température tellement élevée en été qu'on ne pourrait les boire sans les faire rafraîchir.

Il fallait donc écarter les machines élévatoires et recourir à la dérivation de la source du Rosoir, dérivation qui ne coûtait que 360 000 francs et donnait une eau toujours pure et limpide.

Source du Rosoir, température de l'eau des conduites.

— La source du Rosoir sort, à flanc de coteau, du calcaire à entroques

compris entre la terre à foulon et les marnes du lias ; la terre à foulon est surmontée de la grande oolithe.

La source de Jouvence, voisine de celle du Rosoir, sort de la terre à foulon.

La température moyenne de la source du Rosoir est de 10°,37 ; par une journée de juin 1849 excessivement chaude, la température était de 10°,6.

On a cherché ce que devenait cette température dans le réservoir et aux différentes voies d'écoulement, et on a trouvé les résultats suivants :

ANNÉE 1847	23 JUIN	10 JUILLET	24 JUILLET	10 AOUT	30 NOVEMB.	18 DÉCEMB.	24 JANVIER 1848
Température moyenne de l'air.....	16°	21°	21°	17°	5°	1°7	-3°
Température moyenne du réservoir de la porte Guillaume.....	11°	11°5	12°	12°	11°	10°8	9°4
Température moyenne des bornes- fontaines.....	12°3	12°7	13°2	13°5	10°6	9°9	8°6

Constance de température dans les distributions d'eaux de source. — Les résultats expérimentaux montrent que la température des eaux distribuées est sensiblement constante. On a donc des eaux fraîches en été et chaudes en hiver.

C'est un immense avantage en faveur des distributions d'eaux de sources ; jamais on n'obtiendra rien de pareil avec les eaux de rivière élevées par machines.

Belgrand a poursuivi sur la température des eaux de Paris des expériences régulières, il a trouvé que :

« 1° Les eaux de rivière, distribuées à Paris, se refroidissent un peu en été et se réchauffent un peu en hiver, dans le parcours des conduites. La plus grande variation constatée, correspondant à une température extraordinaire de 28°, a été de 3°,60.

« 2° Les plus grandes variations de l'eau de la Dhuis, qui parcourt un aqueduc de 130 kilomètres, sont de 2° en été et de 1° en hiver. »

L'argument de la constance de la température est donc capital en faveur des distributions d'eaux de sources.

Ce point était important à établir, parce qu'on l'a quelquefois méconnu lorsqu'on a opposé les distributions par machines élévatoires aux distributions par dérivation.

Analyse et débit de la source du Rosoir. — L'eau de la source est très salubre, ainsi que le montre l'analyse pour dix litres :

Silice.....	152 millig.	Report...	2502 millig.
Alumine.....	10 —	Chlorure de sodium.....	7 —
Carbonate de magnésie .	21 —	Sulfate de soude	27 —
Carbonate de chaux	2 300 —	Carbonate de soude	44 —
Chlorure de magnésium.	19 —	Nitrate de potasse	27 —
A reporter..	<u>2502 millig.</u>	TOTAL..	<u>2607 millig.</u>

C'est donc 0^{sr},26 de résidu solide par litre d'eau.

Le débit de la source du Rosoir, constaté par déversoirs, est donné par le tableau suivant :

En 1832, débit minimum le 30 septembre...	2 770 litres à la minute
En 1833	5 — 3 107 —
En 1842	9 — 3 975 —
En 1843	11 — 3 926 —
En 1845	3 octobre..... 4 635 —
En 1846	29 septembre... 3 769 —

Ainsi, le débit minimum a toujours lieu vers l'automne, c'est-à-dire à la fin de la saison chaude ; c'est ce qui se produit pour toutes les sources.

Le débit diminue dans les périodes sèches et augmente dans les périodes humides.

En 1832, on était entré depuis quelques années dans une période humide, qui a duré jusqu'en 1856 ; aussi voit-on le débit de la source du Rosoir monter de 2 700 litres à 4 600 litres.

Il est probable que depuis 1856 ce débit a dû subir encore des variations notables, car de 1856 à 1875 notamment on a traversé une période sèche des plus remarquables.

L'augmentation de 2 700 à 4 600 litres dans le débit de la source du Rosoir, constatée de 1832 à 1845, tient aussi à ce que l'orifice d'épanchement de la source a été dégagé et abaissé de 1^m,10.

Augmentation du débit par l'abaissement de l'orifice de la source. — L'abaissement de l'orifice d'une source produit le même effet que le raccourcissement du tube d'un puits artésien : la charge disponible augmente et, avec elle, le débit.

Ce résultat est facile à vérifier par une expérience directe faite le même jour sur la même source.

Mais il ne faut recourir à ce procédé de l'abaissement des sources qu'avec une grande méfiance, car l'accroissement du débit peut fort bien n'être que passager ; si le nouveau débit est supérieur à l'apport

des réserves souterraines, il finira par affamer la source et par lui donner un régime à oscillations plus étendues.

Profil en long de l'aqueduc. — La longueur de l'aqueduc est de 12 694^m,80 ; la fontaine du Rosoir est sur la rive droite de Suzon, qui est très escarpée, aussi l'aqueduc passe-t-il immédiatement sur la rive gauche au moyen d'un petit tunnel établi sous le cours de Suzon. Il passe ensuite trois fois de la rive gauche à la rive droite et inversement, et débouche enfin dans le réservoir de la porte Guillaume, après avoir parcouru une longue série d'arcades.

Le développement total comprend :

43 alignements droits.....	12 216 ^m ,302
42 courbes.....	478 ^m ,498
TOTAL.....	<u>12 694^m,800</u>

Tous les rayons des circonférences de raccordement sont de 20 mètres.

L'abaissement total produit par les pentes est de.....	46 ^m ,758
— — — les chutes.....	6 ^m ,550

D'où résulte une chute totale de.... 53^m,308

Le profil en long de l'aqueduc, planche 18, donne les pentes successives et les chutes.

Profils en travers de l'aqueduc. — Le type courant, figure 4, a une largeur de 0^m,60, et une hauteur sous clef de 0^m,90 ; il est terminé en plein cintre et recouvert d'un enduit de 0^m,03.

Il règne sur 11 682^m,25.

Sur les ponts-aqueducs on a adopté une section rectangulaire ; au passage de diverses routes, on a réduit la hauteur à 0^m,75. Au passage sous le lit du Suzon, on a, au contraire, augmenté la hauteur afin de permettre la visite facile de l'aqueduc.

« J'avais d'abord, dit Darcy, pensé que, pour raison d'économie, on pouvait se borner à adopter une section présentant une largeur moyenne de 0^m,47 sur la hauteur de 0^m,50.

Cette section aurait été suffisante pour le débit du volume nécessaire à l'alimentation de la ville de Dijon ; mais, dans une conduite de cette étendue, il est nécessaire de se ménager des moyens faciles de vérification ; or, la section précitée

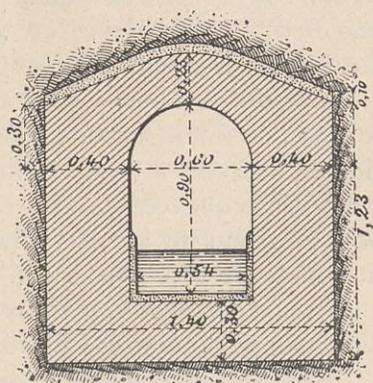


Fig. 4.

n'aurait pas permis à un homme de s'introduire dans l'aqueduc. Cette observation a été approuvée par le Conseil municipal de Dijon, qui n'a pas craint de voter le supplément de dépense nécessaire à l'obtention d'une section plus considérable.

L'épaisseur des maçonneries a du reste été calculée de manière à obtenir un cube aussi faible que possible sans nuire à la solidité.

L'épaisseur du radier, 0^m,30, a été augmentée sur une petite longueur à l'aval des grandes chutes verticales qui suivent les ponts-aqueducs.

L'enduit en ciment ne règne que sur le radier et les piédroits jusqu'à la hauteur maxima que l'eau doit atteindre ; ainsi, la hauteur de l'enduit a été de 0^m,30 pour toutes les pentes au-dessus d'un millimètre, 0^m,50 ou de toute la hauteur des parois verticales du conduit rectangulaire qui précède les trois viaducs de Suzon, 0^m,40 dans la partie de l'aqueduc où la pente n'est que de 0^m,00086. Cet enduit était arrondi aux angles suivant un congé de 0^m,04 ; il avait pour effet de réduire à 0^m,54 la largeur de la cuvette.

Bâtiment recouvrant la source. — Avant de construire l'enceinte en maçonnerie qui environne la source, on a déblayé son bassin de 1^m,50 à 2 mètres, de manière à mettre à nu les rochers qui le bordent et à apprécier aussi exactement que possible *les points d'où surgissent les eaux.*

On arrive aisément à cette dernière connaissance en répandant de la fleur de son à la surface de la nappe fluide. En effet, si elle est repoussée dans tous les sens, suivant des cercles concentriques, on conclut que le point de jaillissement correspond au centre de ces cercles, lequel reprend le premier sa transparence. Si, au contraire, la poussière suit une direction rectiligne, on peut également en conclure la direction du courant horizontal suivant lequel sont amenées les eaux.

Après s'être ainsi assuré des points précis d'où jaillissaient les sources, on a fait tracer les fondations de telle sorte que les maçonneries ne puissent altérer le débit.

La voûte qui recouvre les sources a dans œuvre la largeur de 5^m,20 et la longueur de 11^m,10 ; elle se termine du côté de la montagne par une niche de 2^m,60 de rayon.

Prises d'eau supplémentaires. — On a établi en trois points des prises d'eau supplémentaires, destinées à recueillir des sources secondaires.

L'aqueduc porte latéralement deux chambres de 0^m,30 de profondeur sur 0^m,50 de large, séparées de la cuvette de l'aqueduc par une dalle verticale de 0^m,40 de hauteur, c'est-à-dire d'une hauteur supérieure à celle de la tranche d'eau qui coule dans l'aqueduc. Les deux chambres communiquent avec le derrière des culées de l'aqueduc par un orifice rectangulaire aplati de 0^m,20 sur 0^m,10 ; l'extrémité de cet orifice est

entourée d'une pierrée, que traversent les eaux de source, qui gagnent ainsi les chambres où elles s'élèvent et d'où elles tombent dans l'aqueduc en passant sur la dalle verticale qui forme déversoir.

Une rainure verticale ménagée dans les parois de la chambre permet d'interrompre la communication entre l'aqueduc et la source, et de ne pas admettre les eaux de celle-ci lorsqu'elles deviennent accidentellement impropres à l'alimentation.

On remarquera que les eaux de la source sont forcées de surmonter la dalle verticale qui sépare la chambre et l'aqueduc ; elles perdent donc de leur charge et par suite de leur débit. On pourrait éviter cet inconvénient au moyen de siphons plongeant d'un côté dans la chambre, de l'autre côté dans l'aqueduc, siphons qui fonctionneraient d'une manière intermittente.

Regards de service. — On a exécuté un grand nombre de regards de service placés d'abord à toutes les chutes et puis dans des positions intermédiaires, de telle sorte que leur distance moyenne fût de 100 mètres au plus.

Plusieurs de ces regards sont couverts d'un pavillon : cette disposition est évidemment la plus commode ; mais elle impose une assez forte dépense, et, en général, les regards sont fermés par une dalle recouverte de terre comme le reste de l'aqueduc.

Des bornes méplates, terminées par un demi-cylindre à la partie supérieure, indiquent les regards sur les chutes. Ces bornes servent en même temps à déterminer d'une manière précise le tracé de l'aqueduc.

En établissant des chutes de place en place, Darcy n'a pas eu l'intention de diminuer la pente, comme on pourrait le croire au premier abord ; il n'a pas attaché d'importance à la régularité de la pente de l'aqueduc qui varie, comme nous l'avons vu, dans des limites assez étendues. Son but a été, en réservant ces chutes qui atteignent 0^m,50 à 1 mètre : 1° de baisser assez le radier pour que son extradós restât toujours à 1 mètre au-dessous du sol dans les points où le relief change brusquement ; 2° de disposer, à des intervalles assez rapprochés, des moyens de placer d'une manière commode des appareils de jauge qui ne fussent pas noyés par l'eau d'aval.

Malgré la faible épaisseur des parois de l'aqueduc, on n'a jamais reconnu de différence entre les jaugeages exécutés à son origine et à son extrémité.

Ponts-aqueducs sur le Suzon. — Trois ponts-aqueducs ont été établis sur le Suzon : ils sont à trois arches de 3^m,25 avec deux piles de 1^m,10 à la base, et de 0^m,90 au sommet.

Chaque arche est franchie au moyen d'une auge en pierre de 0^m,60

de hauteur et de 0^m,85 de largeur, à l'extérieur, livrant à l'intérieur un passage de 0^m,40 sur 0^m,45; les auges successives se terminent et se soudent à l'aplomb des piles; elles sont recouvertes par des dalles de longueur irrégulière, de 0^m,20 d'épaisseur, faisant saillie latéralement de 0^m,05.

Pont aqueduc près la porte Guillaume. — Entre les deux pavillons de ses extrémités, cet aqueduc a une longueur de 148 mètres; il comprend 59 arcades en plein cintre de 2 mètres de diamètre, 58 piles de 0^m,50 d'épaisseur et 2 culées de 1 mètre.

L'épaisseur à la clef des voûtes est de 0^m,30. Sur la plinthe de 0^m,20 reposent les deux murs latéraux de la cuvette, et le radier est au niveau de la plinthe; les deux murs latéraux sont surmontés d'une dalle, taillée à deux égouts, formant la toiture de l'aqueduc.

Le viaduc a été complètement exécuté en moellon smillé et les enduits n'ont été appliqués qu'après l'achèvement et le recouvrement de la cuvette.

Dépenses de l'aqueduc. — Les dépenses de l'aqueduc du Rosoir se sont élevées à 256 916^{fr},26, savoir :

Terrassements.....	46 824 fr. 81
Maçonnerie.....	162 320 56
Chape.....	14 113 93
Enduits.....	19 399 07
Béton.....	2 961 45
Regards.....	1 811 30
Bornes.....	932 53
Cintrements.....	3 005 54
Ouvrages accessoires.....	5 527 07
TOTAL ÉGAL....	256 916 fr. 26

Le prix de revient par mètre courant d'aqueduc s'est élevé à 20^{fr},87.

Il faut ajouter au total précédent :

Les ouvrages exécutés pour la prise d'eau et le tunnel sous le lit du Suzon.....	12 266 fr. 41
Les trois ponts-aqueducs.....	13 135 20
L'aqueduc de la porte Guillaume.....	26 264 15
Les sept pavillons recouvrant les regards.....	8 400 00
TOTAL.....	60 065 fr. 76
Montant général des travaux.....	316 982 fr. 02

soit, en nombre rond, 25 francs par mètre courant de la dérivation. Ce prix serait aujourd'hui beaucoup plus élevé.

Distribution intérieure. — Les travaux de distribution intérieure comprennent :

1° Deux réservoirs, placés l'un en tête, l'autre à l'extrémité de la conduite ou artère principale ;

2° Un système de tuyaux en fonte de différents diamètres qui, se ramifiant dans tous les quartiers de la ville et des faubourgs, viennent alimenter les bornes-fontaines.

Quelques-unes de ces conduites sont placées dans des galeries en maçonnerie ; d'autres sont simplement placées dans des tranchées remblayées après leur pose. Les unes et les autres sont interrompues par des cuves de distribution sur lesquelles viennent se brancher plusieurs conduites, par des robinets destinés à intercepter, lorsqu'il y a lieu, l'écoulement des eaux ou à vider les conduites. Sur quelques-unes d'entre elles, enfin, il y a eu nécessité de fixer des ventouses pour donner issue à l'air, dont la présence altérerait le débit des tuyaux.

Ce système de tuyaux est susceptible d'une classification méthodique.

On distingue, en premier lieu, l'artère principale en communication directe avec les réservoirs, et qui peut être considérée comme leur prolongement. Sur cette artère viennent se brancher, à droite et à gauche, une série de tuyaux, appelés répartiteurs parce que leur fonction est de porter, dans les différents quartiers d'une ville, les eaux renfermées dans l'artère principale et transmises par les réservoirs. Enfin, ces tuyaux répartiteurs qui, de même que la conduite principale, peuvent alimenter directement un certain nombre de bornes-fontaines placées dans les rues qu'ils parcourent, envoient leurs eaux dans les rues perpendiculaires à leur direction, au moyen de branchements secondaires, desquels partent les tuyaux de service proprement dits, c'est-à-dire ceux dont l'extrémité aboutit aux fontaines, bornes-fontaines ou qui desservent les concessions particulières.

Réservoir de la porte Guillaume. — C'est un réservoir circulaire de 28^m,10 de diamètre dans œuvre à la naissance des voûtes : un puits, d'un diamètre intérieur de 2^m,50, en occupe le centre ; le mur d'enceinte de ce puits, qui supporte un édifice extérieur très élégant, a 2 mètres d'épaisseur. L'intervalle de 10^m,80 entre la paroi extérieure dudit puits et la paroi intérieure du réservoir, est recouvert par deux voûtes annulaires reposant sur un piédroit dont l'épaisseur est de 0^m,80 à la naissance de ces voûtes ; le diamètre de ces voûtes en plein cintre est donc de 5 mètres.

Le mur d'enceinte du réservoir a une épaisseur de 3 mètres à sa base, et le mur circulaire de refend ou piédroit des deux voûtes annulaires a une épaisseur de 1^m,20 à sa base.

L'épaisseur des voûtes à la clef est de 0^m,40.

La hauteur totale du réservoir est de 5 mètres.

Le radier a des pentes qui convergent vers le puits central dont le plafond est en contre-bas de 0^m,20, afin de permettre l'assèchement complet du réservoir.

Le trop-plein du réservoir est conduit par un tuyau spécial dans le Jardin botanique de la ville.

Toutes les maçonneries du réservoir ont été faites en moellon brut à l'exception des voûtes, du mur de refend intermédiaire et du parement intérieur du puits central, lesquels ont été exécutés en moellon smillé.

L'épaisseur du radier, variable suivant la nature du terrain rencontré, est d'au moins 0^m,50.

Toutes les parois intérieures sont recouvertes d'un enduit en chaux hydraulique de 0^m,04 d'épaisseur et la chape sur les voûtes a 0^m,10 d'épaisseur.

Le puits central du réservoir renferme tous les tuyaux et robinets de distribution qui permettent :

1° D'interrompre toute communication entre l'aqueduc, le réservoir et la conduite principale ;

2° D'interrompre toute communication entre l'aqueduc et le réservoir, tout en laissant l'aqueduc en communication avec la conduite principale ;

3° D'interrompre la communication de l'aqueduc et du réservoir en laissant celui-ci en communication avec l'artère principale ;

4° D'alimenter la ville à la fois avec le réservoir et la conduite.

La capacité du réservoir est de 2 313 mètres cubes.

On a eu soin de ménager, au sommet de la voûte annulaire à l'extérieur, une issue pour l'air confiné qui, sans cela, s'y comprimerait et rendrait inutile une partie de la capacité.

Réservoir de Montmusard. — Le réservoir de Montmusard se trouve à l'extrémité de la conduite principale.

La nécessité du réservoir de la porte Guillaume est évidente : il est destiné à parer aux inconvénients des chômages que peuvent entraîner les réparations de l'aqueduc et de ses accessoires. A raison de 20 litres par habitant, le réservoir pourrait suffire pendant quatre à cinq jours à l'alimentation de 27 000 habitants.

Ce réservoir est destiné, en outre, à emmagasiner pendant la nuit le produit de la source, ce qui permet de doubler le volume d'eau employé pendant le jour : c'est, pendant l'été, chose nécessaire, afin de satisfaire aux besoins du service de l'arrosage.

L'établissement d'un second réservoir à Montmusard n'était pas

moins nécessaire; d'abord, il emmagasine un certain volume d'eau et permet de prolonger la mise en chômage de l'aqueduc, si cette mesure est indispensable. Mais son principal avantage est d'alimenter à lui seul la ville, lorsque des réparations forcent à fermer la première partie de la conduite principale; grâce aux communications établies entre tous les répartiteurs, le réservoir de Montmusard peut envoyer son eau à peu près à toutes les bornes-fontaines de Dijon.

Ce système remplace celui qui consiste à adopter pour l'artère principale une conduite fermée, c'est-à-dire partant du réservoir et y revenant de manière à être alimentée des deux côtés: les réparations dans une section n'entraînent que le chômage de cette section unique.

Enfin, comme nous l'avons vu dans la partie théorique, l'alimentation par deux réservoirs permet d'augmenter le débit de l'artère principale aux divers points de son parcours; les réservoirs emmagasinent pendant la nuit toute l'eau qu'ils rendent pendant le jour.

Le réservoir de Montmusard représente dans œuvre un carré de 29 mètres de côté, partagé en cinq parties égales par cinq voûtes en plein cintre de 5 mètres de diamètre, que séparent 4 piédroits de 1 mètre d'épaisseur.

La capacité de ce réservoir est de 3 177 mètres cubes.

Le réservoir de la porte Guillaume a coûté 53 500 francs.

Celui de Montmusard, 49 150 francs.

Les galeries souterraines, qui certainement donnent de grandes facilités, mais qu'on n'établirait pas aujourd'hui, ont coûté aussi 228 000 francs.

La distribution d'eau complète est revenue à 1 250 000 francs.

Observations sur la distribution d'eau de Dijon. — Le travail de Darcy a donné aux ingénieurs de nombreux enseignements; il témoigne d'un grand sens pratique et d'une science profonde.

Mais il remonte à 1840, et il est clair qu'on modifierait aujourd'hui d'une manière complète certaines des dispositions adoptées.

On ne construirait vraisemblablement pas l'aqueduc libre; une conduite forcée le remplacerait avantageusement et amènerait l'eau à Dijon avec une pression beaucoup plus considérable. Ainsi une conduite de 0^m,50 de diamètre débite 133 litres avec une perte de charge de 0^m,002 par mètre courant. Au lieu d'avoir 53 mètres de chute pour 12 700 mètres de long, comme avec l'aqueduc, on n'aurait que 25 mètres de chute totale et on éviterait les divers ponts-aqueducs et le long aqueduc sur arcades dont l'entretien doit être coûteux.

4° DISTRIBUTION D'EAU DE MARSEILLE

Par une loi du 4 juillet 1838, la ville de Marseille a été autorisée à dériver de la Durance un volume d'eau de $5^m,75$ par seconde, lors de l'étiage de cette rivière.

Pendant la plus grande partie de l'année, lorsque le niveau de la Durance est à $0^m,50$ au-dessus de l'étiage, le volume précédent se trouve à peu près doublé.

Le canal principal de dérivation a son origine à $187^m,25$ au-dessus du niveau de la mer, sur la rive gauche de la Durance, près du pont de Perthuis.

Sa longueur est de $81\ 753^m,87$, jusqu'au point où le canal se bifurque en entrant sur le territoire de Marseille et alimente deux branches, dirigées l'une à l'est et l'autre à l'ouest.

Le canal a une pente de $0^m,30$ par kilomètre; avec une hauteur d'eau de $1^m,50$, il débite le volume de $5^m,75$ par seconde, avec une vitesse de $0^m,84$.

Dans les souterrains, la pente a été portée à 1 mètre par kilomètre, afin de conserver le débit en réduisant la section.

Le canal principal a les dimensions suivantes:

Largeur à la cuvette	3 ^m ,00
Largeur à l'étiage ($1^m,50$ au-dessus du fond) ..	7 ^m ,00
Largeur au sommet.....	9 ^m ,40
Profondeur totale du canal.....	2 ^m ,40

La ligne principale comporte quarante-six tunnels d'une longueur de 16 914 mètres, et onze grands ponts dont le principal est le pont-aqueduc de Roquefavour.

Les travaux de construction du canal ont coûté 16 799 551^{fr},08 et les embranchements sur le territoire de Marseille 3 073 378^{fr},94.

Cette œuvre énorme est due à de Montricher, ingénieur des Ponts et Chaussées. La ville de Marseille est donc abondamment pourvue d'eau; malheureusement, l'eau de la Durance est fréquemment trouble, et les bassins de décantation sont quelquefois impuissants à la clarifier d'une manière complète.

Aqueduc de Roquefavour. — Il est impossible de ne pas donner ici la description du superbe aqueduc de Roquefavour, que représentent les figures 2 et 4 de la planche 19.

La longueur de cet aqueduc est de 393 mètres et sa hauteur maxima

au-dessus de la base des socles 82^m,65; sa largeur au sommet est de 4^m,50. Il comprend trois étages de voûte :

Le 1 ^{er} étage a une hauteur de 34 ^m ,40, avec 12 arches de 15 mètres d'ouverture.					
Le 2 ^e	—	37 ^m ,60	—	15	—
Le 3 ^e	—	10 ^m ,95	—	53	—
				5	—

Les piles sont armées de contreforts, dont elles excèdent la largeur de 2 mètres dans l'étage inférieur; ces contreforts règnent jusque sous la plinthe qui couronne le second étage.

Sans entrer dans les détails de construction des voûtes, nous nous attacherons surtout à la cuvette.

Cette cuvette, maçonnée en briques, a 2 mètres de largeur au plafond, 2^m,30 en gueule et 2^m,40 de hauteur, avec une pente de 0^m,006 par mètre.

L'aqueduc de Roquefavour a coûté 3700 000 francs; il est d'un effet grandiose et d'une architecture élégante. Mais il est probable qu'on ne l'établirait pas aujourd'hui ou que tout au moins on le remplacerait par un aqueduc moins élevé, supportant plusieurs conduites forcées en fonte ou en tôle.

On arriverait de la sorte à une solution plus économique.

Débit de cet aqueduc. — Le débit est facile à calculer par la formule de Bazin,

$$v_i = b_1 u^2$$

dans laquelle on prend pour b_1 la valeur qui convient aux parois unies.

Si la section était complètement pleine, l'aqueduc arriverait à débiter 20 à 25 mètres cubes à la seconde.

Si la hauteur d'eau dans la cuvette n'est que de 1^m,50, la vitesse est de 4 mètres par seconde et la surface d'écoulement de 3^m,15, ce qui fait un débit de 12^m,60.

En traitant du filtrage, nous avons décrit les anciens filtres de Marseille, qu'il a fallu abandonner. On leur a substitué les immenses bassins de décantation dont nous avons également exposé le mécanisme dans le chapitre relatif aux filtres.

5° DISTRIBUTION D'EAU DE SAINT-ÉTIENNE

L'alimentation d'eau de Saint-Étienne est mixte. La captation de sources pratiquée dans la vallée haute du Furens reçoit comme appoint,

lorsque c'est nécessaire, un volume d'eau emprunté au réservoir du Gouffre d'Enfer, situé dans la partie moyenne de la même vallée.

Nous avons parlé dans un autre chapitre du barrage du Furens. Cette rivière à l'état naturel était seule autrefois à alimenter Saint-Étienne.

A mesure que l'agglomération s'est accrue, les eaux du Furens se corrompirent et devinrent insuffisantes :

On songea d'abord à amener dans la ville les eaux de la Loire, dérivées par un canal ou élevées par machine ; on agit sagement en renonçant à ce projet, qui était coûteux dans l'un comme dans l'autre cas, et qui ne fournissait que des eaux fréquemment troubles.

Un projet consistant à recueillir et à dériver les sources de la vallée haute du Furens fut présenté par MM. Graëff et Conte-Grandchamps, et accueilli par la municipalité.

Le produit de ces sources pouvant devenir insuffisant en été, le réservoir régulateur du Gouffre-d'Enfer, plus connu sous le nom de Barrage du Furens, fut chargé de parfaire le volume d'eau nécessaire à l'alimentation et à la salubrité de la ville.

Le travail exécuté se compose d'une série de canaux recueillant les sources pour les jeter dans un aqueduc principal, qui les amène dans un réservoir de distribution dominant la ville entière. M. de Montgolfier en a donné la description dans un mémoire inséré aux *Annales des Ponts et Chaussées* de 1875.

Aqueduc principal. — L'aqueduc principal reçoit, dans la partie haute de la vallée du Furens, les sources de vingt-deux ruisseaux qui prennent naissance dans les forêts de sapins dont sont recouverts les plateaux du mont Pilat ; à son passage près du réservoir du Gouffre-d'Enfer, il peut être mis en communication avec l'aqueduc de vidange de ce réservoir et lui emprunter un certain volume complémentaire.

L'aqueduc principal, de 17 385^m,75 de long, présente une série de biefs à pente décroissante de 0,01 à 0,005 et 0,003, réunis au moyen de plans, inclinés de 0^m,12 à 0^m,30 par mètre ; ces plans inclinés créent des chutes de 6 à 33 mètres de hauteur, que l'on peut utiliser pour l'établissement d'usines (pl. 17).

Les figures ci-jointes représentent les profils en travers des diverses sections de l'aqueduc principal :

Le premier est à piédroits verticaux supportant une voûte en anse de panier ; sa hauteur libre est de 0^m,52 sous clef ; sa largeur est de 0^m,35 près du radier et 0^m,36 aux naissances, disposition qui a pour but de faciliter le moulage ; ce type règne sur 5 061^m,50 à l'origine de l'aqueduc de dérivation ;

Le second type, appliqué sur 2 187^m,15, est ovoïde, avec une section

libre de $0^m,90$ de hauteur, de $0^m,60$ de large aux naissances, et de $0^m,355$ au niveau du radier ;

Le troisième type, appliqué sur $4\ 395^m,69$, est ovoïde, avec une section libre de $1^m,15$ de hauteur, $0^m,70$ de large aux naissances, et de $0^m,483$ au niveau du radier.

Pour ces trois types, exécutés en maçonnerie de ciment de Vassy, les épaisseurs respectives des parois sont de $0^m,09$, $0^m,15$ et $0^m,18$, et l'intérieur de la section jusqu'au niveau des naissances est garni d'un enduit de mortier de ciment de Vassy de $0^m,015$ d'épaisseur pour le premier type et de $0^m,03$ pour les deux derniers.

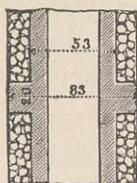
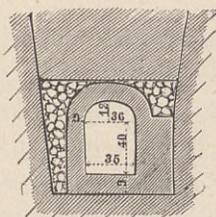


Fig. 5.

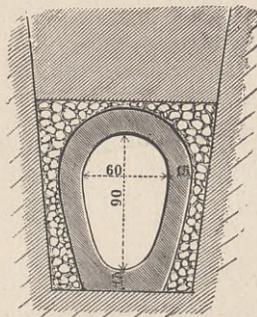


Fig. 6.

Le type n° 3 a été amplifié encore sur $7,742^m,41$, dans la section qui aboutit au réservoir d'alimentation ; sa hauteur a été portée à $1^m,52$, avec une largeur de $0^m,80$ au niveau des naissances, et de $0^m,50$ au niveau du radier.

L'aqueduc est partout établi en déblai et recouvert d'une couche de terre d'au moins $1^m,20$.

Sur les plans inclinés dont nous avons parlé, le profil est légèrement modifié en ce sens que le radier est construit sous forme d'escalier dont les marches ont $0^m,50$ de foulée et $0^m,15$ à $0^m,20$ de hauteur ; grâce à cette disposition, les eaux, malgré leur grande vitesse, n'ont pu attaquer les enduits.

Tous les 5 à 6 mètres dans les courbes, tous les 10 à 15 mètres dans les alignements droits, les aqueducs sont renforcés à l'extérieur par des contreforts de $0^m,20$, qui relient les piédroits avec les parois des fouilles ; le reste du vide est rempli en pierres sèches.

Partout où l'on avait à craindre quelque pression d'eau tendant à

renverser l'aqueduc, on a établi par-dessous des aqueducs de décharge ou des pierrées.

Regards. — Tous les 200 mètres on a placé des regards de service de 0^m,80 de côté, dont les maçonneries ont 0^m,20 d'épaisseur ; ces regards correspondent à des puisards de 0^m,20 de profondeur, où les sables s'accumulent et d'où on les enlève facilement.

A l'amont et à l'aval des chutes, on trouve des regards qui correspondent à des puisards de 1^m,20 de profondeur, destinés à permettre l'installation des conduites en fonte qui dévieraient l'eau latéralement pour faire mouvoir des turbines, dans le cas où on voudrait utiliser ces chutes ; le puisard d'aval a en outre pour objet d'amortir la vitesse de l'eau.

On a encore établi des regards aux points où les conduites de captage des sources viennent se souder à l'aqueduc principal. — Ces regards sont à deux compartiments, comme ceux établis par Darcy sur l'aqueduc du Rosoir pour les fontaines de Dijon : les deux compartiments sont séparés par une dalle verticale, sur laquelle se déversent les eaux de la source qui ont déposé leur sable dans le premier compartiment. Le second compartiment communique avec l'aqueduc principal par un orifice que peut fermer un clapet métallique garni de cuir, battant sur une plaque de bronze, et manœuvré par une tige à crémailière.

Déversoirs. — Sur quatre points de l'aqueduc, on a établi, au niveau des naissances, des déversoirs latéraux qui empêchent l'eau d'atteindre une hauteur dangereuse et de transformer l'aqueduc en conduite forcée.

Près du déversoir sont disposées deux vannes métalliques : l'une, vanne d'arrêt, capable d'intercepter la section de l'aqueduc jusqu'au niveau des naissances ; l'autre, vanne de décharge, placée dans un puisard en contre-bas, permet de vider complètement une section d'aqueduc et de la visiter, si c'est nécessaire.

Construction des divers types de l'aqueduc. — La construction du premier type de l'aqueduc s'opérait comme il suit :

La maçonnerie de ce premier type est faite avec mortier de ciment de Vassy, composé de 1 volume de ciment et de 1 volume de sable granitique fin et lavé. Une première brigade d'ouvriers confectionne le radier et l'établit suivant la pente voulue, indiquée par des piquets. Une seconde brigade établit les piédroits, en se servant d'un gabarit formé de deux planches de 3 mètres de long, s'appliquant l'une sur un piédroit, l'autre sur le piédroit opposé ; les deux planches sont maintenues à l'écartement voulu par des crochets en fer et des tasseaux de calage : lorsque la maçonnerie était achevée, on n'avait

qu'à enlever les tasseaux et à dégager les crochets pour replier les deux planches et les porter plus loin. Une troisième brigade établissait les solins du radier et appliquait l'enduit. Une quatrième brigade préparait, dans le voisinage, au moyen de moules en tôle avec charnières, des morceaux de la petite voûte destinée à recouvrir l'aqueduc ; on introduisait à la partie supérieure des moules un mélange de 2 volumes de mortier pour 1 volume de pierre cassée. Au bout de huit à dix minutes, le mélange avait fait prise, on dégagait les crochets et on faisait tourner autour des charnières le châssis supérieur du moule ; on laissait sécher la pièce pendant deux ou trois jours à l'abri du soleil, puis on venait l'appliquer sur les piédroits en interposant une couche de mortier de ciment de 0^m,02 ; on faisait par la compression refluer le ciment, et il n'y avait plus qu'à enlever les bavures à la truelle. Quand un châssis avait servi, on le nettoyait et on le lavait avant de procéder à une nouvelle opération.

Les types n° 2, n° 3 et n° 4 étaient construits tout entiers sur place par des procédés analogues, avec un mortier composé de 1 volume de ciment pour 2 volumes de sable. — La voûte était établie au moyen de cintres présentant une charnière à la clef, de manière qu'une moitié de cintre pouvait se rabattre sur l'autre : un grand crochet, placé suivant le diamètre des naissances, maintenait l'écartement des deux moitiés du cintre ; mais, lorsqu'on dégagait ce crochet, les deux moitiés du cintre se repliaient et pouvaient être reportées plus loin pour servir à la confection d'une nouvelle longueur de voûte.

Le pont-aqueduc du Pas-du-Riot a été construit de même en maçonnerie de moellons et de mortier de ciment de Vassy ; une fissure s'étant produite après le décintrement a été entaillée en biseau sur 0^m,05 de profondeur et 0^m,10 de largeur, puis remplie de goudron végétal mêlé d'un peu de bitume, et recouverte d'un enduit de ciment de 0^m,03 d'épaisseur. La fuite n'a plus reparu.

Prix de revient. — Les prix de revient sont très intéressants à connaître, car le mode de construction des aqueducs précédents est susceptible d'applications nombreuses.

Toutefois il ne faut pas oublier que ces prix de revient sont très variables d'un pays à l'autre.

Ainsi M. de Montgolfier compte pour :

1° Le mètre cube de mortier :

700 kilogrammes de ciment à 9 francs.....	63 fr. 00
0 ^m ,80 de sable à 3 francs et 3 francs de façon....	7 40
TOTAL.....	70 fr. 40

2° Pour le mètre cube de maçonnerie du type n° 1 :

0 ^m ,50 du mortier précédent.....	35 fr. 20
0 ^m ,80 de petits matériaux à 2 fr. 50	2 00
Façon, enduits, moulage, pose	15 00
Outils, faux frais, soudure.....	2 35
TOTAL, y compris 1/10 de bénéfice.....	60 fr. 00

3° Pour le mètre cube de maçonnerie des types 2 à 4, il ne compte plus que 0^m,40 de mortier, 1^m,10 de moellon, 5 francs de façon, 3 francs d'enduit et de chape, 1 fr. 57 d'outils et de faux frais, soit avec le bénéfice un total de 36 francs.

Ces prix subiraient aujourd'hui partout des modifications profondes, et nous ne les avons donnés qu'à titre de renseignement. Il est probable que les petits aqueducs tout au moins seraient composés avec des morceaux moulés à l'avance et qu'on arriverait à les établir à meilleur compte à cause du bas prix des ciments.

Quoi qu'il en soit, le type n° 1 est revenu à 44 fr., 20, le n° 2 à 25 fr., 60 et le n° 3 à 30 fr., 12, y compris le remplissage en pierres sèches.

L'aqueduc principal, y compris les terrassements et tous les accessoires, est revenu à 62 francs le mètre courant.

Captage des sources. — Le principe, dit M. de Montgolfier, qui a présidé au captage des sources, est le suivant :

« Dans chaque affluent, capter les sources autant que possible à leur point d'émergence, les introduire dans des conduites fermées d'où elles ne puissent plus s'échapper, les diriger ainsi, suivant la déclivité du terrain, dans des collecteurs établis au bas de la vallée et, de là, dans l'aqueduc principal. »

1° Lorsqu'on avait découvert une source, se manifestant à la surface par un suintement, on exécutait une fouille jusqu'au rocher et on la fermait à l'aval par un barrage en maçonnerie de ciment de 0^m,15 d'épaisseur et de 0^m,40 de hauteur, dans lequel on encastrait, soit un drain en poterie, soit une conduite en béton de ciment, destinée à amener le produit de la source. A l'amont du barrage, le drain encastré se prolongeait par un drain en poterie à manchons à joints ouverts qu'on recouvrait d'une pierrée pour faciliter l'introduction de l'eau. Le fond et les parois de la fouille à l'emplacement de la source, sur une longueur d'environ 1 mètre, étaient revêtus d'une maçonnerie de ciment de 0^m,10 d'épaisseur, formant cuvette étanche à l'amont du barrage. La fouille était remplie de pierres qu'on revêtait d'un corroi argileux de 0^m,10 d'épaisseur, arrosé d'un lait de chaux; le remblai s'achevait avec de la terre ordinaire;

2° Les conduites tertiaires des sources sont amenées dans des conduites secondaires, qui, elles-mêmes, recueillent les suintements des tranchées qui les contiennent. Ces suintements sont arrêtés par des barrages, analogues à celui que nous venons de décrire plus haut, établis à l'aval des parties aquifères ;

3° Des collecteurs reçoivent dans chaque vallée le produit des conduites tertiaires et secondaires ; ces collecteurs sont aussi munis de barrages, partout où se montrent des suintements ; ils suivent la pente de la vallée, en se tenant toutefois à une certaine distance du thalweg, pour éviter les eaux d'inondation.

Toutes ces conduites sont souterraines.

Des regards rectangulaires, de 0^m,60 de largeur, sont placés à l'aval des sources importantes et à la jonction de plusieurs conduites. Le tuyau d'aval est à 0^m,10 au-dessous du tuyau d'amont et, à 0^m,10 au-dessus de ce dernier, le regard est muni d'un déversoir, de sorte que la charge sur le tuyau d'aval ne dépasse pas 0^m,20.

Les conduites de captage ont un développement total de 53 kilomètres et s'étendent sur une surface de 220 hectares, appartenant à la Ville de Saint-Étienne.

Elles sont en tuyaux de poterie ou en pièces moulées avec du mortier de ciment :

1° Les tuyaux de drainage de 0^m,05 à 0^m,06 de diamètre, réunis par des manchons lutés avec du ciment, sont revenus à 1 franc le mètre ; on en assemble plusieurs ensemble avant la pose, afin de ne poser à la fois que des longueurs de 1 mètre à 1^m,20 ;

2° Les conduites en mortier de ciment sont analogues à celle que représente la figure 7 ; les morceaux sont préparés dans des moules et assemblés dans la fouille, en interposant dans les joints une couche de 0^m,02 de ciment, puis enlevant les bavures.

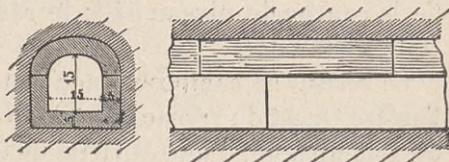


Fig. 7.

La conduite de 0^m,15 d'ouverture est revenue à 3^{fr},80 le mètre courant, et la conduite à section carrée de 0^m,12 d'ouverture est revenue à 3^{fr},40.

Le débit de l'ensemble des sources ainsi captées varie de 60 à 450 litres par seconde. Pour donner à la ville 150 litres par habitant, il faut 13 000 mètres cubes par vingt-quatre heures ; aussi, doit-on emprunter au réservoir du Furens jusqu'à 8 000 mètres cubes par jour dans les grandes sécheresses.

L'eau distribuée est d'excellente qualité, et, malgré son long voyage,

sa température ne dépasse pas 10° à 11°. C'est donc une eau très fraîche en été.

Distribution intérieure. — L'eau de l'aqueduc est amenée dans le bassin du Rey à la cote 618^m,75 ; ce bassin a une capacité de 7 000 mètres cubes (pl. 17).

La ville de Saint-Étienne présente, entre ses divers quartiers, des différences d'altitude considérables ; ainsi, la place Royale n'est qu'à 517 mètres, tandis que les quartiers hauts vont jusqu'à 595 mètres.

M. de Montgolfier eut l'idée de desservir toute la ville par deux réseaux : le réseau supérieur et le réseau inférieur.

Le réseau supérieur a deux artères, qui partent d'une conduite principale de 0^m,50 de diamètre, partant elle-même du bassin du Rey : l'artère Est s'élève au Jardin des plantes à la cote 591 et y alimente un bassin de 1 100 mètres cubes ; elle redescend sur la place Fourneyron et s'élève ensuite jusqu'au point culminant du quartier du Grand-Cimetière à la cote 570 ; cette artère a un diamètre de 0^m,216.

L'artère Ouest a d'abord un diamètre de 0^m,30, elle alimente le bassin de Sainte-Barbe, de 1 100 mètres cubes, prend ensuite un diamètre de 0^m,216, puis se bifurque en deux conduites : l'une de 0^m,135, l'autre de 0^m,108 de diamètre, alimentant deux quartiers différents.

Une conduite supplémentaire de 0^m,25 de diamètre part du bassin du Rey et se rend au Jardin des plantes ; grâce à elle et aux deux réservoirs secondaires, on peut assurer le service dans le cas où la conduite de 0^m,50 est en réparation.

Le réseau supérieur alimente les quartiers qui se trouvent au-dessus de la courbe de niveau 540 ; le réseau inférieur alimente la partie centrale de la ville.

Ce réseau se compose d'une conduite de 0^m,30 de diamètre, qui met l'artère Ouest du réseau supérieur en communication avec le réservoir de Champagne, d'une capacité de 6 700 mètres ; du réservoir de Champagne part une conduite de 0^m,30, qui traverse toute la ville en suivant la route Nationale n° 82 ; comme toutes les rues de la ville coupent cette voie normalement, les embranchements ou répartiteurs sont d'un établissement bien facile.

Le réservoir de Champagne serait insuffisant à assurer l'alimentation de la partie basse ; aussi a-t-on établi, au moyen de quatre cuves, des communications entre le réseau supérieur et le réseau inférieur, et par ces cuves on se procure le volume supplémentaire qui peut être nécessaire.

Ces cuves, dont le fond est plus élevé que celui du réservoir de Champagne, sont partagées en deux compartiments : l'un sert à la

manœuvre des robinets ; dans l'autre débouche la conduite à haute pression qui amène l'eau et la conduite du réseau inférieur qui l'em-mène. Aucune interruption n'est à craindre nulle part dans le service de la distribution.

La canalisation intérieure a coûté	640 000	fr.
Les bassins ont coûté	280 000	—
	920 000	
La distribution intérieure s'élève donc à.....	920 000	fr.

Tous les travaux de la distribution, y compris la création du réservoir du Gouffre-d'Enfer, ont entraîné une dépense de 4 800 000 francs.

Situation actuelle. — Les captages, dont le développement est de 54 kilomètres, drainent 1 000 hectares ; quelques-uns atteignent l'altitude de 1 300 mètres.

Le débit des sources varie de 3 000 à 30 000 mètres cubes par jour. Quand il est insuffisant, on fait un emprunt au barrage du Gouffre-d'Enfer qu'alimentent les eaux du bassin du Furens (2 300 hectares). Ce premier réservoir a été complété et renforcé par le barrage supérieur dit du *Pas-de-Riot*, de 14 hectares de superficie, 1 350 000 mètres cubes de capacité, qui a coûté 1 280 000 francs (1873 à 1878). Il est à 2 200 mètres à l'amont du Gouffre-d'Enfer.

L'emprunt pour l'alimentation de la ville se fait uniquement au réservoir inférieur, dans lequel se déverse le réservoir supérieur.

A la surface du réservoir, la température de l'eau est de 17° en été ; elle s'abaisse à 8 ou 10° au niveau de la prise d'eau. L'eau est, en effet, très mauvaise conductrice de la chaleur.

Pendant les années sèches, les ressources disponibles ne permettent pas d'amener à Saint-Étienne plus de 27 000 mètres cubes par jour.

L'augmentation de la population desservie (150 000 habitants), et surtout les besoins croissants de l'industrie forcent à chercher d'autres ressources. On poursuit la réalisation d'un gros projet d'adduction des eaux de la rivière du Lignon (Haute-Loire), qui amènera 1 mètre cube par seconde par un aqueduc de 56 kilomètres. Les travaux, évalués à 8 millions, comportent deux barrages de retenue dans la vallée du Lignon, emmagasinant 7 millions de mètres cubes, un réservoir de décantation en cours de route à 16 kilomètres de la prise d'eau, des souterrains, un siphon de 150 mètres de charge dans la vallée de la Dunière.

6° EAUX DE NEW-YORK

La ville de New-York est établie au fond de la baie de l'Hudson, sur la rive gauche de la rivière d'Hudson, dans une île formée par cette rivière, par son affluent la rivière de l'Est et par la rivière de Harlem, faux bras de l'Hudson, qui réunit ce fleuve avec la rivière de l'Est.

A 64 kilomètres en amont de New-York, l'Hudson reçoit la rivière du Croton, dont le débit d'étiage est de 122 661 mètres cubes par vingt-quatre heures ou 1 420 litres à la seconde.

Le lit du Croton a été intercepté par un barrage, qui surélève de 12^m,20 le niveau de l'étiage ; on emmagasine ainsi dans un lac artificiel de 160 hectares, 2 271 500 mètres cubes d'eau, et cette réserve compense l'insuffisance du débit d'été.

Cette réserve elle-même est devenue insuffisante et on a créé de nouveaux barrages dans les parties hautes de la vallée du Croton.

En amont du premier barrage du Croton, la superficie du bassin est de 875 kilomètres carrés, et la hauteur moyenne annuelle de pluie est de 1^m,12. Le sol étant peu perméable, on a évalué à 36 0/0 les pertes par infiltration et évaporation à la surface du sol et à 19 0/0 les pertes par évaporation dans le réservoir ; on peut donc recueillir 45 0/0, soit environ la moitié de la pluie tombée.

C'est presque 1 million de mètres cubes, dont on pourra dans l'avenir disposer tous les jours.

L'aqueduc de dérivation part du barrage du Croton, suit la vallée de cette rivière pendant 9 kilomètres, puis se développe sur la rive gauche de l'Hudson. Il franchit en siphon ou en pont-siphon plusieurs vallées d'importance variable ; les principales sont la vallée de Harlem, franchie par un pont-siphon et la vallée profonde de Manhattan, que traverse un siphon simple.

Les eaux de l'aqueduc se déversent dans les réservoirs de réception, situés dans le parc central sur la colline d'York.

Les réservoirs de réception sont réunis par des conduites en fonte aux réservoirs de distribution, situés à 3^{km},5 de là sur la colline de Murray, près de la cinquième avenue.

Le développement total de la dérivation est de 65 269 mètres.

L'aqueduc est maçonné dans toute la partie en amont du réservoir de réception, sauf dans les parties en conduite forcée où l'on a adopté des tuyaux en fonte ou en tôle.

La pente de l'aqueduc en amont de la rivière de Harlem est de 0^m,21

par kilomètre et de 0^m,14 en aval. Le tracé présente des déblais et des remblais considérables ; il existe sur le parcours seize tunnels et vingt-cinq passages de cours d'eau.

Là section intérieure de l'aqueduc est un plein cintre de 1^m,13 de rayon, établi sur des piédroits inclinés, que relie à la base un radier concave de 2^m,04 de corde et 0^m,23 de flèche. La maçonnerie de l'aqueduc, pour le profil de tunnel en terre meuble, a une épaisseur de 0^m,305 formée par trois rangs de briques.

Lorsque la construction est en remblai, elle repose sur un massif de pierres sèches, et le tout est englobé de terre ; malgré les précautions prises pour l'exécution du massif, il y a eu des tassements et des ruptures de maçonnerie ; un bon remblai en terre franche et sable, bien pilonné, eût sans doute conduit à de meilleurs résultats.

« L'ingénieur, M. Jervis, tenait beaucoup, dit M. Malézieux, à soustraire les maçonneries de l'aqueduc, et principalement la cuvette, à l'influence de la gelée. Dans une note écrite en 1842, il exprimait l'opinion qu'il n'est guère possible de faire des maçonneries susceptibles de rester toujours étanches ; l'humidité tout au moins finit par les pénétrer et par atteindre les parements extérieurs ; viennent alors les gelées intenses du climat de New-York, et l'on peut être certain que les cuvettes maçonnées de ponts-aqueducs ou ponts-canaux n'auront qu'une existence limitée. Avec cette préoccupation on s'explique que cet habile ingénieur ait songé à enterrer même l'aqueduc en remblai. »

Le ravin de Sing-Sing, qui est à 19^m,21 en contre-bas de la ligne de fond de l'aqueduc, est franchi par un pont-aqueduc : arche en maçonnerie de 26^m,84 d'ouverture et de 9^m,96 de flèche. Pour obtenir une cuvette bien étanche, on a appliqué sur la maçonnerie une chemise en fonte, recouverte elle-même d'un placage de briques et ciment.

Les murs latéraux de la cuvette sont séparés des murs de tête du pont par une rainure vide de 0^m,15 de large ; cette rainure recueille les filtrations et renferme un matelas d'air isolant.

La vallée de la rivière de Harlem a 440 mètres de largeur suivant la ligne de fond de l'aqueduc ; elle est franchie par un pont-siphon. Comme on voulait réserver pour la navigation un passage d'une hauteur d'au moins 30 mètres, le pont se compose de 15 arches en plein cintre, dont 8 de 24^m,40 d'ouverture, 7 de 15^m,25. Le pont supporte deux conduites en fonte de 0^m,90 de diamètre, situées à 3^m,66 en contre-bas de la ligne de fond de l'aqueduc.

On a prévu pour le siphon ainsi constitué une chute de 0^m,61 qui s'est à peu près réalisée.

En 1862, les deux conduites de 0^m,90 de diamètre devenant insuffisantes, on a posé au-dessus d'elles un tuyau en tôle de 2^m,30 de dia-

mètre, et on a exhaussé les murs de tête du pont de manière à envelopper ce tuyau dans une galerie maçonnée.

Au niveau de la ligne de fond de l'aqueduc, la vallée de Manhattan a 1 275 mètres de large et 31^m,41 de creux. Elle est franchie en siphon par quatre conduites en fonte : trois de 0^m,91 de diamètre et une de 1^m,22. La chute ménagée pour ces conduites forcées est de 0^m,91 : elle a été bien suffisante.

Il y a deux réservoirs de réception, exécutés dans le parc central partie en déblai, partie en remblai : le déblai descend jusqu'à 11 mètres dans le sol, et la profondeur d'eau totale atteint à peu près cette valeur ; les digues d'enceinte sont en terre et corroi central avec talus perreyé à l'extérieur ; les digues intérieures de partage sont simplement en terre ; un des réservoirs a une superficie de 14 hectares et contient 616 000 mètres cubes, l'autre a une superficie de 40 hectares et contient 3 624 000 mètres cubes.

Les réservoirs de réception communiquent avec le réservoir de distribution par six conduites de 1^m,22 de diamètre ; ce réservoir est à parois en maçonnerie, il est voûté et recouvert de terre ; sa contenance est de 76 000 mètres cubes.

En ce qui touche la distribution intérieure, toutes les conduites sont simplement posées en terre et le diamètre des conduites en fonte atteint jusqu'à 1^m,52 ; cette dimension n'a pu être dépassée avec la fonte.

Dans tout le parcours du lac de Croton aux conduites de la ville, la température de l'eau ne varie guère : elle reste celle du lac. Cette température peut donc descendre presque à zéro en hiver et monter à 25° en été.

« Quel avantage, dit M. Malézieux, d'avoir des eaux de sources comme celles de la Dhuis, dont la température à peu près constante n'est pas montée à plus de 13° à Paris dans les plus fortes chaleurs de 1865. »

Les réservoirs à ciel ouvert s'opposent au maintien d'une température constante. Aussi l'usage de la glace est-il universel à New-York.

En 1870, la quantité d'eau distribuée à New-York s'élevait par jour à 308 040 mètres cubes, pour 942 292 habitants ; cela faisait 227 litres par habitant.

Aujourd'hui, la consommation atteint environ 1 million de mètres cubes par jour pour une population desservie de deux millions et demi d'habitants.

La digue et le lac artificiel du Croton, créés en 1842, sont devenus insuffisants. L'emplacement adopté pour la nouvelle digue transversale à la vallée du Croton est à 5 kilomètres environ au-dessous de l'autre. Elle doit créer un réservoir de 100 millions de mètres cubes ; la hauteur totale prévue au-dessus du rocher est de 81 mètres, la largeur à

la base 56 mètres et la largeur au sommet 6^m,50. En attendant l'achèvement de ce travail, il a fallu créer un réservoir supplémentaire, le réservoir de Carmel, qui a une profondeur maxima de 13 mètres et une capacité de 30 millions de mètres cubes; il est bordé par des digues en terre avec noyau en maçonnerie.

Les réservoirs de distribution de New-York assurent l'approvisionnement pour plusieurs jours au cas où quelque avarie se produirait sur le canal d'aménée.

7° DISTRIBUTION D'EAU DE WASHINGTON

Washington et Georgetown, séparées par la petite rivière de Rock-Creek, sont alimentées par une dérivation du Potomac.

L'aqueduc, de 21 kilomètres de longueur, a une section circulaire de 2^m,75 de diamètre intérieur et de 3^m,36 de diamètre extérieur (fig. 5, pl. 20). Cette forme de section est celle qui, théoriquement, convient le mieux à un aqueduc, puisqu'elle a le moindre périmètre pour un volume donné. La maçonnerie comprend 3 anneaux de briques et probablement est revêtue, au moins à l'intérieur, d'un enduit en ciment.

La pente kilométrique de l'aqueduc est de 0^m,143, et il peut débiter 300 000 mètres cubes en vingt-quatre heures.

Le barrage du Potomac est en pierres de taille avec parements peu inclinés; il est renforcé à l'amont par un remblai recouvert d'enrochements, et la dalle de couronnement est reliée par des crampons en fer à l'assise inférieure; grâce à ces précautions, l'ouvrage a bien résisté aux crues et aux débâcles.

C'est sur le trajet de l'aqueduc du Potomac qu'on trouve le pont de Cabin-John, grande arche en maçonnerie de 67^m,10 d'ouverture et de 11^m,36 de flèche.

C'est aussi sur cet aqueduc qu'on trouve les deux ponts de College-Branch et de Rock-Creek, composés d'arcs en fonte; ces arcs ne sont autres que des tuyaux convenablement courbés et assemblés comme des voussoirs; l'eau de la dérivation passe à l'intérieur; l'arc en fonte et la conduite ne font qu'un et constituent un aqueduc-pont. Sur le Rock-Creek, on a ainsi jeté deux conduites en arc de cercle de 61 mètres d'ouverture, de 6^m,10 de flèche et de 1^m,22 de diamètre intérieur; ces deux conduites supportent un tablier métallique soumis à une circulation considérable.

Lac artificiel projeté à Boston. — Une vallée à 53 kilomètres de Boston sera barrée par un mur de 380 mètres de long et de 48 mètres de hauteur au-dessus du roc, formant un bassin d'environ 40 kilomètres carrés, contenant 238 millions de mètres cubes d'eau. Pendant les années sèches, on pourra disposer de 400 000 mètres cubes d'eau par jour au minimum.

Le lac renfermera donc une réserve considérable d'eau décantée et purifiée.

Pour le former, on doit enlever tout le terrain meuble du fond et détruire trois villages.

La dépense est évaluée à 19 millions de dollars.

8° EAUX DE PARIS

Nous plaçons ici la description des eaux de Paris, parce qu'elles comprennent principalement des dérivations de sources. Notre intention est, du reste, d'en donner seulement un aperçu d'ensemble.

Historique. — Lutèce, réduite à l'île de la Cité, puisait à la Seine les eaux qui lui étaient nécessaires.

L'empereur Julien fit construire pour les Thermes de la rive gauche un aqueduc venant d'Arcueil, aqueduc détruit au ix^e siècle par les Normands.

Au moyen âge, les moines de l'abbaye de Saint-Laurent, située au pied de la butte Montmartre, amenèrent les eaux du Pré-Saint-Gervais, qui viennent des hauteurs de Romainville et de Ménilmontant.

En 1244, il existait dans l'abbaye de Saint-Martin-des-Champs une fontaine alimentée par l'aqueduc des eaux de Belleville.

De 1180 à 1222, Philippe-Auguste fit établir la fontaine des Halles et celle des Innocents, qui tiraient leurs eaux de la fontaine Saint-Lazare, alimentée elle-même par l'aqueduc du Pré-Saint-Gervais; il construisit en outre la fontaine Maubuée, alimentée par l'aqueduc de Belleville.

En 1265, le couvent des Filles-Dieu fut autorisé à prendre le volume d'eau dont il avait besoin sur la conduite venant de la fontaine Saint-Lazare aux Halles.

En 1392, Charles VI révoque les concessions particulières qui mettaient en chômage les fontaines publiques.

En 1457, le prévôt des marchands et les échevins font réparer l'aqueduc de Belleville, et la municipalité prend ainsi possession des conduites

d'eau ; cette possession n'était pas solidement établie, car plus d'une fois le roi et les personnages importants de la ville détournèrent à leur profit les eaux des fontaines publiques.

Avant le règne de Louis XII, le nombre des fontaines publiques fut porté à seize, mais les deux sources d'alimentation étaient toujours les aqueducs de Belleville et du Pré-Saint-Gervais.

En 1529, François I^{er} sollicite du Bureau de ville une concession particulière et fait ériger la fontaine de la Croix-du-Trahoir, alimentée par le réservoir des Halles ; le prévôt des marchands, Jehan Tronson, en récompense de ses services, reçoit en même temps la permission de dériver de cette fontaine un filet d'eau de la grosseur d'un pois.

En 1550, les concessions particulières ayant tari les fontaines publiques, des lettres patentes de Henri II ordonnèrent aux particuliers de présenter les titres de leurs concessions.

Cette formalité de la présentation des titres fut ordonnée à nouveau en 1587.

Un des premiers ordres donnés par Henri IV, à son entrée dans Paris, fut celui de réparer les fontaines publiques, et de leur restituer toutes les eaux qui en avaient été détournées.

C'est en 1598 que fut inauguré le système des concessions à prix d'argent en faveur de Martin Langlois, prévôt des marchands.

En 1606, construction dans l'île de la Cité de la fontaine du Palais, alimentée par les eaux du Pré-Saint-Gervais, qui passaient sous le pavé du Pont-au-Change.

Par lettres patentes de 1608, Henri IV révoque formellement les concessions particulières, à l'exception de celles accordées aux princes du sang et à quelques communautés religieuses.

A la même époque, Henri IV et Sully firent ériger la pompe de la Samaritaine, qui élevait les eaux de la Seine dans un réservoir placé sur le Pont-Neuf, d'où elles se rendaient aux Tuileries et au Louvre, ce qui permit d'abandonner au public la fontaine de la Croix-du-Trahoir. La pompe de la Samaritaine fut l'œuvre d'un Flamand, nommé Jean Lintlaer.

A la mort d'Henri IV, les concessions particulières recommencèrent à envahir le domaine public.

On commençait à se préoccuper de la création de l'aqueduc d'Arcueil ; Sully avait donné l'éveil à ce sujet, en ordonnant de rechercher les vestiges de l'aqueduc romain. Ce qui accéléra la dérivation des eaux d'Arcueil, ce fut la création du Luxembourg, par Marie de Médicis.

Il fallait pourvoir d'eau le nouveau palais ; en 1612, un particulier, nommé Joseph Aubry, offrit d'amener les eaux des fontaines de Rungis dans un réservoir établi entre les portes Saint-Jacques et Saint-Michel,

En 1615, la première pierre du grand regard des fontaines de Rungis est posée, par le roi Louis XIII, en présence de toute la cour.

L'aqueduc d'Arcueil devait fournir 30 pouces d'eau, 18 pour le roi et 12 pour la ville qui en disposait à sa volonté.

En 1623, les eaux d'Arcueil arrivèrent au regard de la porte Saint-Jacques et furent répartiés entre les ayant-droit.

En 1624, le roi posa la première pierre de la fontaine de la Grève, alimentée par une conduite des eaux d'Arcueil.

Quatorze autres fontaines publiques se partagèrent ces eaux.

Néanmoins, la multiplicité des dérivations particulières, l'ignorance où l'on était des lois de l'écoulement, ne tardèrent pas à produire de nouvelles disettes d'eau et à susciter de nouvelles plaintes.

En 1651, un sieur Bocquet, bourgeois de Paris, exécuta de concert avec la ville des travaux de captage qui portèrent de 30 à 54 pouces le débit des eaux d'Arcueil.

En 1653, le surintendant Fouquet achète, moyennant la somme de 10 000 livres, un pouce d'eau à prendre sur les sources de Belleville et du Pré-Saint-Gervais.

François Villette et Girard Desargues avaient, en 1626, présenté le projet d'élever les eaux de la Seine ; en 1656, ce projet fut repris par Mathurin de Mouchery, qui proposait d'établir sa machine hydraulique à l'entrée des fossés de l' Arsenal.

En 1666, les concessions de toutes natures, et surtout les concessions honorifiques, s'étaient tellement développées qu'il fallut les supprimer toutes sans exception.

En 1666, Regnault de la Fontaine propose d'établir, pour l'alimentation du faubourg Saint-Germain, une machine hydraulique prenant les eaux de la Seine entre le Pré-aux-Clercs et l'île des Cygnes (aujourd'hui terre-plein du Pont-Neuf) ; sa proposition n'est pas accueillie.

En 1669, Daniel Jolly proposa d'acquérir le moulin à blé situé sur la troisième arche du pont Notre-Dame, du côté du quai de Gesvres, et de substituer au mécanisme du moulin quatre corps de pompes aspirantes et foulantes, dont une nouvelle roue à aubes entretiendrait le jeu. Ce projet fut accueilli ; le fonctionnement des appareils de la Samaritaine en garantissait, du reste, le succès.

En 1670, Jacques Demance, gendre de Ricquet de Bonrepos, présenta le projet d'une seconde machine à huit corps de pompe qui devaient être mis en jeu par les roues d'un second moulin placé sur le pont Notre-Dame ; la réception de cette machine fut faite en mai 1671.

En deux ans, on établit quinze nouvelles fontaines publiques, alimentées avec les eaux des machines que nous venons de signaler ; le

volume des eaux distribuées se trouve doublé, et la ville fait l'acquisition des deux moulins du pont Notre-Dame (1673).

Malheureusement, les machines fonctionnaient d'une manière irrégulière ; elles étaient souvent entravées par les glaces et les crues, et, faute d'entretien, leur puissance allait sans cesse en diminuant.

En 1695, nouvelle machine hydraulique, établie sous le pont de la Tournelle par Friquet de Vaurose.

En 1700, Rennequin, mécanicien célèbre, est chargé de réparer et même de reconstruire les machines du pont Notre-Dame.

La même année, Gaspard Boisson établit, dans le pavillon de l' Arsenal, un corps de pompe mis en jeu par un manège ; l'eau qui en provenait devait alimenter la place Royale et le quartier du Temple.

En 1707, la machine de la Tournelle, qui ne donnait plus rien, fut démolie.

La même année, de Chamillart, contrôleur général des finances, fait élever la fontaine Louis-le-Grand ; en 1713, on construit la fontaine Desmarests, au carrefour des rues Montmartre, Saint-Marc et Feydeau ; et, en 1715, la Princesse palatine élève à ses frais la fontaine de la rue Garancière ; en 1718, Joseph Chaudron en fait autant pour la fontaine du Chaudron, à la Vilette.

En 1737, Bélidor est chargé de perfectionner les machines du pont Notre-Dame, et en porte le débit de 100 à 150 pouces.

De 1737 à 1740, les eaux de Belleville sont détournées des fontaines et employées au lavage du grand égout, qui, avant Turgot, n'était qu'un simple fossé creusé dans les marais du Temple, du faubourg Saint-Denis, de la Chaussée-d'Antin, de la Ville-l'Évêque et des Champs-Élysées ; quand les habitations s'étendirent de ce côté, le grand égout exhalait des odeurs méphitiques ; on le nettoya par les eaux de Belleville, et on ne tarda pas à le voûter.

En 1737, deux étrangers présentent le projet d'une pompe à feu au moyen de laquelle on aurait élevé une certaine quantité d'eau sur la place de l'Estrapade.

En 1746, on érige la fontaine monumentale de la rue de Grenelle, due à Bouchardon ; et un sieur Joseph Amy, avocat au Parlement de Provence, présente deux machines propres, l'une à élever, l'autre à clarifier les eaux. — Le filtre était, paraît-il, composé d'éponges ; il fut l'objet d'un rapport favorable des académiciens Réaumur et Granjean de Fouchy.

En 1761, les machines hydrauliques du pont Notre-Dame sont à nouveau réparées. En 1762, l'académicien Deparcieux propose d'amener à Paris, par un canal de dérivation, les eaux de l'Yvette, rivière

qui prend sa source entre Versailles et Rambouillet, et tombe dans la rivière d'Orge, un peu au-dessus de Juvisy.

Ce projet fut combattu énergiquement par la Compagnie qui sollicitait la concession de pompes à feu destinées à élever l'eau de Seine, (1765.)

Lavoisier, en 1771, examina les projets; il montra que les pompes à feu seraient plus économiques pour obtenir un petit volume d'eau; mais que, pour un gros volume, l'aqueduc de dérivation devait avoir la préférence. — Cependant, en 1769, Perronet et Chezy avaient terminé les études du canal de l'Yvette, et ils donnèrent le projet complet en 1775. Le manque de fonds força d'ajourner l'exécution.

En 1776, MM. Périer frères obtinrent la concession de machines à feu destinées à prendre 150 pouces d'eau dans la Seine et à les élever dans des réservoirs convenablement placés. — Une compagnie, composée des principaux capitalistes de Paris, fut organisée en 1778, et, en 1782, on distribua les eaux des pompes à feu de Chaillot.

De 1778 à 1786, un agiotage effréné se porta sur les actions des eaux de Paris; ces actions atteignirent 5,000 livres, et Mirabeau signala dans un mémoire l'absurdité de pareils cours; l'expérience ne tarda pas à lui donner raison.

En 1787, l'entreprise des pompes à vapeur tombe en discrédit; un seul banquier se trouve en possession de la plupart des actions et finit par vendre son privilège à la Ville de Paris. — Une administration royale était établie pour surveiller les ouvrages et dépendances du service des eaux.

En 1788, on entreprend le canal de l'Yvette; le travail marche lentement et se trouve interrompu par les événements de la Révolution.

La vente de l'eau aux particuliers est elle-même arrêtée.

En 1792, on nomme un ingénieur hydraulique de la commune de Paris.

En 1790, le sieur Brullée présente à l'Assemblée nationale le projet de dérivation des eaux de la Beuvronne, petite rivière qui coule au nord-est de Paris et se jette dans la Marne. — Une loi de 1791 en autorise l'exécution.

En 1800, les concessionnaires du canal de la Beuvronne modifient le projet et font remonter leur prise d'eau jusqu'à la rivière d'Oureq, près de Lisly.

En mai 1802, est rendue la loi qui ordonne « qu'il sera ouvert un canal de dérivation de la rivière d'Oureq et qu'elle sera amenée à Paris dans un bassin près de la Villette »; un arrêté du Premier Consul confie l'exécution du travail aux ingénieurs des Ponts et Chaussées, et

décide que la dépense sera prélevée sur le produit de l'octroi de Paris.

C'est, en effet, sous les ordres de Girard qu'a été construit le canal de l'Ourcq : le réservoir général est établi sur le plateau de la Villette ; à partir du réservoir, on peut tracer, de l'est à l'ouest, au pied de la butte Montmartre, une ligne de niveau, c'est le premier aqueduc. — On peut étendre cette ligne de niveau du côté opposé, en contournant les collines de Belleville, Ménilmontant et Charonne ; c'est le second aqueduc. — La dépense d'eau des aqueducs était fixée à 80 000 mètres cubes par vingt-quatre heures. — On trouvera, dans les mémoires de Girard, les principales dispositions adoptées pour la distribution et les conduites : ces dispositions sont aujourd'hui sans intérêt.

Situation du service des eaux en 1867. — Un rapport de M. Huet, aujourd'hui directeur des travaux de Paris, nous donne la situation du service en 1867, obtenue par l'exécution du programme de Belgrand.

« En 1854, Paris ne disposait, par jour, que de 148 000 mètres cubes d'eau, fournie pour la plus grande partie par le canal de l'Ourcq, création du premier Empire ; et sur les 100 000 mètres cubes provenant de cette source d'alimentation, il ne pouvait, eu égard à l'insuffisance de son système de distribution, en utiliser que la moitié ; il ne jouissait donc réellement que de 90 à 100 000 mètres cubes d'eau par jour, soit de moins de 100 litres par habitant, pour une population qui s'élevait déjà à plus d'un million d'âmes. Aujourd'hui, il dispose d'un minimum de 213 000 mètres cubes d'eau par jour et est en mesure d'en profiter par les améliorations apportées à sa distribution intérieure. Il est vrai que sa population est de 1 600 000 habitants, ce qui ne fait encore ressortir qu'à 139 litres par habitant la quantité d'eau dont il jouit dès à présent ; mais les travaux se poursuivent. Dans trois ou quatre ans, ce chiffre sera porté à 200 litres environ par la dérivation des sources de la Vanne.

« L'administration municipale de Paris n'a rejeté aucun moyen d'alimentation. Tout en allant rechercher des eaux de sources pour les besoins du service privé, à la suite des belles études hydrologiques du bassin de la Seine, elle a installé, depuis 1862, de nouvelles pompes à feu sur la Seine, en amont de Paris, et une usine hydraulique sur la Marne, à Saint-Maur ; elle perce deux nouveaux puits artésiens ; elle augmente le débit du canal de l'Ourcq par l'installation de deux usines hydrauliques utilisant des chutes de la Marne, pour refouler de l'eau dans le canal pendant la saison des basses eaux.

L'aqueduc de dérivation des sources de la Dhuis, aqueduc souterrain de 130 kilomètres de longueur, construit dans des conditions qui lui

permettront d'amener à Paris jusqu'à 50 000 mètres cubes d'eau pour vingt-quatre heures, n'offre rien de remarquable que la simplicité et les principes d'économie qui ont présidé à sa conception et à son exécution.

Les parties en conduite libre, qui présentent une pente uniforme de 0^m,10 par kilomètre, sont formées d'un cylindre ovoïde de 1^m,76 de hauteur sur 1^m,40 de largeur (*fig.* 2 planche 21), en maçonnerie de meulière brute et de ciment de 20 centimètres d'épaisseur, y compris un enduit intérieur en mortier de ciment de 2 centimètres. La forme circulaire eût été la plus rationnelle au point de vue de l'économie, nous la verrons généralement adoptée; mais la forme ovoïde donnait, dans ce cas particulier, une hauteur qui permet la visite facile de l'intérieur de l'aqueduc. Cette visite peut se faire, sans interrompre complètement le service, à l'aide de petits batelets et en abaissant seulement le plan d'eau normal. Les parties en conduite forcée ou siphons, à la traversée des vallées, qui présentent un développement total de 17 kilomètres environ, sont composées d'un cours de tuyaux en fonte d'un mètre de diamètre intérieur.

Tous les ouvrages d'art, les ponts sur les rivières et cours d'eau rencontrés, les regards espacés de 500 mètres en 500 mètres environ sur tout le parcours de la dérivation, les déversoirs, etc., sont traités dans ces mêmes principes de simplicité et d'économie; tous sont en maçonnerie brute.

Cette dérivation a coûté 16 millions 1/2, dans lesquels sont compris 2 millions 1/2 d'acquisition de terrains, de sources et d'indemnités d'usines; en admettant qu'on dépense encore successivement de 2 à 3 millions pour l'exécution des dérivations secondaires qui doivent compléter les 50 000 mètres cubes d'eau en vue desquels elle est établie, le prix du mètre cube d'eau par vingt-quatre heures, fourni par cet ouvrage, ressortira à 380 francs, c'est-à-dire que le prix d'un mètre cube ressortira à 0^{fr},052.

L'usine hydraulique de Saint-Maur a été installée sur la Marne, près du confluent de cette rivière avec la Seine, en amont de Paris, afin d'utiliser la force hydraulique, résultant de la chute créée sur ce point par la coupure d'un circuit de la Marne, à élever de l'eau pour les services publics. Cette chute peut s'élever jusqu'à 4^m,10 en basses eaux, et son volume est celui de la Marne même, c'est-à-dire qu'il est de 5 à 6 mètres cubes au plus bas étiage.

Indépendamment de sa large et belle disposition, cette usine est remarquable par les nouveaux moteurs hydrauliques qui y sont installés, c'est-à-dire par les *roues-turbines* de M. Girard. Les turbines ou roues à axe vertical adoptées jusqu'ici, tout en utilisant beaucoup

mieux que des roues de côté ou à axe horizontal la force hydraulique, lorsque celle-ci est représentée par une chute et un volume d'eau à peu près constant, perdent notablement de leurs avantages lorsqu'elles ont à tirer parti d'un volume d'eau variable, pour compenser les variations de la chute ; la roue-turbine de M. Girard, sorte de turbine à axe horizontal, tout en gardant les avantages de ces moteurs hydrauliques, n'en présente pas les inconvénients ; elle peut compenser, par le débit d'un plus grand volume d'eau, la diminution de la chute, et, si son rendement est toujours le meilleur à l'étiage, c'est-à-dire pour la plus grande chute, son effet utile reste le même, malgré une diminution considérable de la hauteur de la chute.

A Saint-Maur, M. Girard a installé quatre roues-turbines, de 22 mètres de diamètre et de 120 chevaux chacune ; à l'étiage, c'est-à-dire avec une chute de 4^m,10, elles ont donné un rendement de 64 0/0 en eau montée ; avec la diminution de la chute, leur rendement a diminué ; néanmoins, avec une chute réduite à 2 mètres, elles donnaient le même effet utile ; enfin, la chute diminuant encore, elles marchaient lorsque les deux turbines du système Fourneyron, de 100 chevaux chacune, qui complètent l'ensemble de l'usine, étaient arrêtées. Par un système ingénieux de fermeture et d'ouverture des vannes de l'appareil distributeur, ces grandes roues s'arrêtent et se mettent en marche avec la facilité et la rapidité des machines à vapeur les plus sensibles. Elles ne reviennent toutes posées, en y comprenant les pompes qu'elles commandent, qu'à 500 francs par force de cheval.

Si l'on comprend dans les dépenses de création de cette usine l'acquisition des moulins sur l'emplacement desquels elle est installée, les indemnités y relatives, l'ouverture de la dérivation souterraine qui crée la chute coupant le circuit de la Marne, enfin les conduites de refoulement allant aux réservoirs de distribution, les 40 000 mètres cubes qu'elle peut élever en moyenne, par vingt-quatre heures, reviennent à 7 600 000 francs, ce qui fait ressortir à 190 francs le prix du mètre cube d'eau par vingt-quatre heures, soit à 0^{re},026 le prix d'un mètre cube.

L'usine du quai d'Austerlitz, installée en 1864, nous montre enfin le type le plus récent des machines à vapeur et des pompes adoptées à Paris, pour l'élévation de l'eau destinée à l'alimentation d'une ville.

Cette usine, placée sur la rive gauche de la Seine, dans la partie amont de Paris, se compose de deux machines semblables, du système Woolf, d'une puissance de 120 chevaux sur l'arbre du volant à la vitesse de 18 tours par minute, faisant marcher chacune deux pompes verticales de 0^m,80 de diamètre constituant un système à double effet. Ces pompes aspirent l'eau dans un puisard alimenté par un aqueduc

de 120 mètres de longueur, qui va chercher au milieu de la Seine de l'eau toujours plus pure que celle des rives; cet aqueduc comprend ainsi 80 mètres de tuyaux en tôle de 0^m,80 de diamètre, immergés dans le lit de la Seine à 2 mètres en moyenne au-dessous de l'étiage. Les machines rendent jusqu'à 100 chevaux, en eau montée à 60 mètres de hauteur moyenne.

Elles peuvent donner, marchant ensemble, 22 000 mètres cubes d'eau par vingt-quatre heures. La dépense totale d'installation de l'usine, non compris les acquisitions de terrain, a été de 710 000 francs. Les machines seules ressortent à 1 430 francs environ par force de cheval.

Quant aux frais d'exploitation, ces machines travaillant continuellement vingt-quatre heures par jour, ils varient, par cheval utile en eau montée, de 900 à 1 000 francs par an. Le mètre cube d'eau ressort ainsi à 0^{fr},025 ou à 0^{fr},033 environ, en tenant compte de l'intérêt des dépenses de première installation. »

Eaux de la Vanne. — La Vanne est un affluent de l'Yonne; les sources de cette rivière sont recueillies et amenées à Paris par un aqueduc de 173 kilomètres de long.

L'aqueduc traverse les vallées de l'Yonne, du Loing à Moret, passe près de Fontainebleau, traverse la vallée de l'Essonne à Mennecey, puis la vallée de la Bièvre sur l'ancien aqueduc d'Arcueil et débouche dans les réservoirs de Montsouris.

Pour la section intérieure, on a adopté la forme circulaire, la plus favorable, comme on sait, à l'écoulement, celle qui, pour un cube donné, a le moindre périmètre et, par suite, consomme le moindre volume de maçonnerie (*fig.* 3 pl. 21).

La partie en aqueduc sur arcades est représentée par les figures 4 et 5, planche 21; les portions *aa* de la section sont établies avec mortier de ciment et les parties *bb* avec mortier de chaux. Malgré toutes les précautions prises pour mettre cet aqueduc à l'abri des effets de la dilatation, bien qu'on l'ait protégé par une végétation de lierre, il donne lieu à de nombreux suintements, et il semble que le seul remède souverain soit un revêtement métallique à l'intérieur.

Comme nous l'avons dit ailleurs, les sources de la Vanne sont alimentées par la nappe de la craie, nappe soumise à des oscillations suivant les périodes de sécheresse et d'humidité. On a recueilli toutes les sources de la vallée; des moulins ont été achetés et transformés en usines élévatoires pour relever les sources basses dans l'aqueduc collecteur.

Le débit total est très variable; pendant les années 1872 à 1877, il a été compris entre 723 et 1 900 litres à la seconde.

Les eaux de la Vanne, fraîches aux sources, arrivent fraîches à Paris ; leur température à l'arrivée à Montrouge ne dépasse jamais 14° en été et ne tombe pas au-dessous de 8° en hiver ; ajoutez à cela la limpidité constante, et vous voyez de combien les eaux de source l'emportent sur les eaux de rivière.

L'aqueduc comprend :

Parties voûtées en tranchées.....	93 000 mètres
Siphons.....	21 500 —
Parties voûtées en souterrains.....	41 900 —
— supportées par des arcades.....	46 600 —
TOTAL.....	173 000 mètres

L'aqueduc principal, faisant suite aux divers collecteurs, a 136 kilomètres de long, avec un diamètre de 2 mètres à 2^m,10.

Il part de l'altitude 111^m,17, source d'Armentières, et arrive à l'altitude 80, trop-plein du réservoir de Montsouris ; chute totale 31^m,17. La pente du collecteur est de 0^m,20 par kilomètre ; celle de l'aqueduc principal 0^m,13 jusqu'à l'Orge et 0^m,10 entre l'Orge et Paris.

Les siphons du grand aqueduc se composent de deux conduites en fonte de 1^m,10 de diamètre, avec charge de 0^m,60 par kilomètre. Quelques parties forcées à faible pression sont en maçonnerie ; dans un ouvrage de cette importance, à notre avis, il vaut mieux abandonner complètement la conduite forcée en maçonnerie.

Le siphon métallique de l'Yonne est porté par un viaduc ; à la traversée d'autres vallées, l'aqueduc en maçonnerie est porté sur arcades (*fig. 3, pl. 41*).

Pour traverser la vallée de la Bièvre, on a relevé d'un étage le vieil aqueduc d'Arcueil.

La dépense s'est élevée à 39 millions de francs, non compris 6 800 000 francs pour les réservoirs et 3 200 000 francs pour la distribution dans Paris.

L'aqueduc amène en moyenne 100 000 mètres cubes par jour ; si, à l'intérêt de la dépense à 5 0/0, on ajoute la dépense annuelle d'entretien, évaluée par Belgrand à 268 000 francs, mais probablement plus forte aujourd'hui, on trouve pour le prix de revient du mètre cube d'eau 0^{fr},0608.

Situation du service en 1890. — Voici, d'après une notice de M. Bechmann, quelle était la situation du service des eaux de Paris en 1890.

Belgrand avait avec raison établi la double canalisation, l'une pour le service privé alimentée, par les sources de la Dhuis et de la Vanne

et par le drain de Saint-Maur, l'autre pour le service public alimentée par les anciennes dérivations, par les puits artésiens, par le canal de l'Oureq et par les usines élévatoires prenant l'eau de la Marne ou de la Seine.

En 1878, on disposait par jour au maximum de 397 000 mètres cubes, dont 127 000 seulement pour le service privé — pour une population de 2 millions d'habitants, c'était un volume total de 198 litres par tête et par jour au maximum, et seulement un volume de 65 litres d'eau potable. L'outillage comprenait douze usines, hydrauliques ou à vapeur, d'une puissance de 2 130 chevaux, en eau montée, avec treize réservoirs de 434 000 mètres cubes dont 330 000 pour le service privé ; en outre, trois usines de relais d'une puissance de 326 chevaux relevaient une partie des eaux jusque dans les réservoirs supérieurs de Montmartre, des Buttes-Chaumont et de Belleville, d'une capacité de 28 000 mètres cubes. En réalité, le cube disponible en cas de sécheresse pouvait tomber au-dessous de 300 000 mètres par jour et même descendre au-dessous de 200 000 en cas d'accident.

Alphand fit exécuter à partir de 1878 de grands travaux complémentaires, et voici quelle était la situation au 1^{er} janvier 1890. Il existait quatorze usines d'une puissance de 4 330 chevaux en eau montée, un réservoir de plus augmentant de 35 000 mètres cubes l'emmagasinement au profit du service privé ; le cube maximum du service public s'élevait à 473 000 mètres, mais celui du service privé n'avait pas changé, d'où un total de 618 000 mètres cubes par jour. Le service public était donc bien desservi, mais la quantité d'eau de source demeurait manifestement insuffisante. Pour une population à desservir de 2 300 000 habitants, elle était seulement de 48 litres par tête, en supposant que rien n'en fût détourné. L'adduction des eaux de l'Avre devait l'améliorer.

Eaux de la Vigne et de l'Avre. — Les sources de l'Avre et de son affluent la Vigne donnent un débit total d'environ 100 000 mètres cubes par jour et sont réunies à l'altitude 146^m,30, dans un aqueduc principal de 102 kilomètres de long se terminant au réservoir de Montretout près Saint-Cloud.

Sur les 20 premiers kilomètres, l'aqueduc circulaire en maçonnerie a 1^m,70 de diamètre et 0^m,40 de pente par kilomètre ; sur le reste du parcours, le diamètre est de 1^m,80 et la pente 0^m,30.

L'aqueduc est exécuté en tranchée pour les profondeurs de moins de 7 mètres, en souterrain pour les profondeurs supérieures, en section recouverte pour les reliefs de moins de 3 mètres au-dessus du sol, sur arcades pour les reliefs supérieurs (*fig. 7 à 13, pl. 21*). Les

vallées profondes sont franchies en siphons composés de deux files de tuyaux en fonte de 1 mètre de diamètre.

Il y a 65 200 mètres en tranchée, 25 500 en souterrain, 3 900 en relief couvert ou en arcades, 7 400 en siphon.

Le réservoir de Montretout, d'une capacité totale de 400 000 mètres cubes, sera divisé en trois compartiments. L'eau en est dirigée sur Paris par une conduite en tôle de 1^m,50 de diamètre posée dans une galerie maçonnée et traversant la Seine sur un pont métallique formant passerelle à piétons.

L'aqueduc en tranchée ou en souterrain a été évalué 110 francs le mètre pour le diamètre 1^m,70 et 140 francs pour le diamètre 1^m,80. La dépense totale prévue est de 35 millions de francs.

On a ménagé dans tous les biefs un regard assez grand pour la descente de nacelles destinées à la visite intérieure de l'aqueduc (*fig. 14 et 15*). Toutes les fouilles humides ont été drainées afin de soustraire les maçonneries aux sous-pressions et d'éviter l'introduction des eaux étrangères.

Les maçonneries ont été exécutées avec les bons matériaux rencontrés : silex, meulière, bons bancs de calcaires grossiers. Le dosage des mortiers a été de 300 kilogrammes de portland par mètre cube de sable de Seine, et de 600 kilogrammes pour les chapes et enduits.

Travaux en cours. — En ce moment, la Ville de Paris poursuit l'adduction des eaux de la vallée du Loing qui donneront 50 000 mètres cubes par jour. Il ne restera plus ensuite à s'occuper dans le bassin de la Seine que des sources secondaires, et l'opération ne sera jamais terminée. On en viendra, sans doute, à réserver plus strictement encore les eaux de sources aux usages domestiques et à développer l'alimentation en eaux de rivière pour les usages industriels et publics.

Nous rappelons, mais seulement pour mémoire, le projet d'adduction des *eaux du Léman*. Sans doute le travail est possible, puisque la distance de Paris à Genève est de 630 kilomètres et que le lac est à 375 mètres d'altitude ; mais l'élévation de la dépense, qu'on ne peut évaluer à moins d'un million de francs par kilomètre, et les difficultés secondaires semblent un obstacle des plus sérieux à la réalisation de ce projet grandiose. La purification des eaux de rivière donnerait à moindres frais une solution satisfaisante.

Quoi qu'il en soit, l'exemple de Paris montre bien que la distribution d'eau d'une grande ville est un problème dont on ne trouve jamais la solution définitive. C'est un édifice qui appelle sans cesse de nouveaux développements.

9° CAPTATION ET ADDUCTION D'UNE NAPPE SOUTERRAINE
A COULANGES-LA-VINEUSE.

C'est en 1705 que fut exécutée cette captation, très remarquable pour l'époque ; elle est due à Couplet, le membre de l'Académie des Sciences. Le sol de la ville est sec et les habitants souffraient d'une grande pénurie d'eau. Or les coteaux voisins appartiennent au terrain oolithique et reposent sur une couche d'argile. Couplet fit ouvrir une tranchée jusqu'à l'argile au pied du coteau, il trouva l'eau à 14 pieds de profondeur, construisit une pierrée dans la tranchée dont le fond dominait la ville, de sorte que l'eau put être distribuée par l'action de la pesanteur seule ; le succès de l'entreprise fut perpétué par ce distique :

*Non erat ante fluens sitientibus unda ;
Ast dedit æternas arte Cupletus aquas.*

La dépense n'avait été que de 3 000 livres ; avec le temps les ouvrages mal entretenus s'engorgèrent ; ils furent repris en 1780 par Bossut, qui refit des galeries de captation voûtées dont le sol est dallé ; le piédroit du côté de la nappe est à jour et l'autre est étanche ; les filets liquides se réunissent dans un regard d'où part la conduite d'alimentation.

En 1860, le produit des sources, qui était en temps ordinaire de 100 mètres cubes par vingt-quatre heures, tombait à 25 mètres en temps de sécheresse, pour une population de 1 400 habitants. Afin d'emmagasiner le débit, la ville s'adressa à M. l'Ingénieur Rozat de Mandres, qui établit le réservoir en maçonnerie ci-après défini :

Capacité : 950 mètres cubes ; il est enfoui dans un sol résistant et forme un carré de 22^m,40 de côté ; profondeur d'eau 2 mètres ; murs de pourtour 0^m,30 et 0^m,50 à la base, raccordés par un solin de 0^m,50 avec le radier de 0^m,20 d'épaisseur. Couverture en voûtes d'arêtes de 3^m,78 d'ouverture et 0^m,50 de flèche, reposant sur 16 piliers libres de 0^m,34 d'épaisseur et sur 20 piliers culées de même épaisseur. Voûtelettes formées de deux rangs de briquettes à plat, avec chape de 0^m,02, supportant 0^m,50 de terre. Sous le radier une ligne de drains aboutit à la conduite de décharge. Toutes les maçonneries sont en mortier de ciment de Vassy.

Ce réservoir a coûté, non compris le terrain, 16 000 francs, soit 16^{fr}, 85 le mètre cube de capacité, les prix élémentaires des ouvrages

sont à peu près ceux d'aujourd'hui. Dans ce prix, la couverture entre pour 6 francs.

On aurait avantage économique à porter l'épaisseur d'eau de 2 à 3 ou 4 mètres; cependant l'économie est moindre qu'on peut le croire au premier abord, parce que l'épaisseur des maçonneries croît avec la profondeur. Le réservoir de Gentilly, d'un système analogue, avec 5^m, 10 de profondeur d'eau et 6 000 mètres de capacité, est revenu à 24^{fr}, 16 par mètre cube de capacité.

10° EAUX DE COULOMMIERS

Avant 1880, la ville de Coulommiers n'était alimentée que par une source, à trop faible altitude, qui donnait 10 litres par jour et par habitant.

On résolut d'amener la source de la Roche, qui est à l'altitude de 127 mètres, alors que les rues basses de la ville sont à l'altitude 52, et qui donne une eau excellente sortant des sables et marquant 178 seulement à l'hydrotimètre, avec un débit de 1 200 mètres cubes par jour, 14 litres à la seconde, 250 litres par jour et par habitant.

Le projet fut dressé et les travaux exécutés par M. l'Ingénieur Thanneur qui en a rendu compte dans un mémoire inséré aux *Annales des Ponts et Chaussées* de 1882.

Le griffon de la source fut approfondi d'un mètre, et on le recouvrit d'une calotte sphérique de 3 mètres de diamètre en meulière et mortier de ciment, munie d'un regard à son sommet et entourée elle-même d'un remblai gazonné. Un aqueduc de vidange, avec vanne et clapet automobile, peut recevoir le produit de la source tout en fermant la porte aux grenouilles, etc.

L'approfondissement de la source n'en augmenta pas le débit; cet approfondissement est, en effet, fort peu de chose par rapport à la charge qui produit l'écoulement de la nappe d'eau souterraine dans le sable, et il ne peut augmenter cette charge d'une manière sensible.

L'approfondissement d'une source peut, au contraire, avoir une influence considérable pour les sources qui sont l'exutoire de lacs ou de réservoirs souterrains; encore, est-il certain que cette influence soit durable?

Le résultat heureux d'un approfondissement de ce genre est qu'il permet de recueillir tous les griffons secondaires et de ne rien perdre du produit de la source et de ses embranchements.

L'aqueduc d'aménée, de la source au réservoir qui domine la ville,

se compose d'un simple tuyau en mortier de ciment, de 0^m,25 de diamètre intérieur, présentant, sans chute ni ressaut, ni contre-pente, le profil suivant :

Pente de	0,001532	sur	437 ^m ,33
—	0,002342	sur	682 ^m ,20
—	0,001345	sur	559 ^m ,24
—	0,001784	sur	717 ^m ,51
—	0,002543	sur	865 ^m ,08
—	0,002582	sur	716 ^m ,46
—	0,0012187	sur	607 ^m ,19
—	0,001219	sur	265 ^m ,00
Pente moyenne	0,002	sur	5 050 ^m ,01

Avec la pente la plus faible, 0^m,0012, la demi-section de 0^m,25 de diamètre suffit à débiter, sans charge et par écoulement à l'air libre, tout le produit de la source, avec une vitesse d'au moins 0^m,55 (le calcul de M. Thanneur est fait avec la formule de Bazin en prenant pour le coefficient A la valeur relative aux parois très unies. Mais il vaudrait mieux, si on avait moins de marge que n'en présentait le cas actuel, prendre le coefficient relatif aux parois simplement unies).

L'aqueduc présente tous les 100 mètres un regard avec plaque en tôle ne pouvant s'ouvrir que par une clef spéciale. De temps en temps on fait passer d'un regard à l'autre un flotteur avec une corde qui tire un hérisson destiné au nettoyage de la conduite.

Celle-ci, qui a 0^m,08 d'épaisseur, a été moulée au fond de la tranchée au moyen de mandrins en tôle de 2 mètres de long.

Le béton qui la constitue se composait de :

- 5 parties de pierre meulière cassée à l'anneau de 0^m,06 ;
- 3 parties de sable de Marne ;
- 3 parties de ciment Gariel de Vassy.

Ce ciment a le grand avantage de ne donner qu'un retrait insignifiant ; avec les ciments à grand retrait, il faut composer la conduite de morceaux assemblés, ou laisser à intervalles constants un joint que l'on remplit après coup.

« En montant le tuyau au fond de la tranchée, dit M. Thanneur, il s'incorpore pour ainsi dire au sol dont les irrégularités et les dépressions sont nivelées et comblées pendant l'opération. »

Une équipe composée d'un cimentier, d'un aide et de deux gâcheurs a pu faire 60 mètres par jour.

Les regards de 0^m,12 d'épaisseur ont été aussi montés sur place.

Le sable coûtait 9 francs le mètre cube, la pierre cassée 12^{fr},30 ; un mètre courant de tuyau de 0^m,25 de diamètre, cubant 0^m,083, a été établi pour 4^{fr},80.

La profondeur moyenne de la tranchée a été de 1^m,50 ; elle est descendue exceptionnellement à 5^m,28 et a coûté environ 3^{fr},50 le mètre courant. On a toujours laissé au moins 1 mètre de terre sur la conduite. On a passé également avec des tuyaux sous quelques ruisseaux.

La Ville a acheté une zone de terrain de 4 mètres de large, qui a été bornée et gazonnée, mais elle a laissé aux riverains le droit d'y passer, chacun au droit de soi, à pied ou en voiture, et d'y récolter l'herbe.

Le résultat économique, obtenu par M. Thanneur, est fort intéressant et montre que l'on peut créer d'importantes dérivations à peu de frais.

En comptant même le terrain à 0^{fr},50 le mètre carré, la conduite de 0^m,25 ne reviendrait pas à plus de 7 francs le mètre courant.

Réservoir. — Sa capacité est de 1 200 mètres cubes en deux compartiments égaux ; il domine de 45 mètres les rues les plus basses et son trop-plein est à la hauteur du toit de la maison la plus élevée — profondeur d'eau 5 mètres. — Peut-être serait-il préférable d'adopter une profondeur un peu moindre, si on n'était pas certain de l'excellence des maçonneries. Épaisseur des murs, 0^m,70 au sommet et 3 mètres à la base ; du radier, 0^m,60. Les murs portent sur tout leur pourtour une galerie de circulation. Le radier repose sur une marne blanche, qui a été drainée. Chaque compartiment est divisé en trois sections par deux murs de refend évidés. Le bassin est couvert par des voûtes en briques creuses, portées par des poutres en fer espacées de 0^m,75 et surmontées de 0^m,40 de terre végétale. Les maçonneries sont en meulière et mortier de bonne chaux hydraulique, avec enduit en mortier de ciment de Vassy.

Conduites forcées. — Les conduites forcées, dont le diamètre varie de 0^m,20 à 0^m,08, sont en fonte avec joints en caoutchouc système Lavril, qui ont donné de bons résultats.

Appareils de distribution. — Il a été installé vingt-sept bornes-fontaines, espacées de 200 mètres ; elles sont à repoussoir avec réservoir d'air qui prévient les coups de bélier. En agissant sur l'écrou du bouton, on peut y maintenir un léger filet d'eau constant qui les empêche de geler pendant les froids de l'hiver. Elles ont fort bien résisté pendant l'hiver 1879-1880.

Il y a en outre cinquante bouches d'arrosage.

Dépenses. — Les dépenses se résument comme il suit :

Terrassement de la conduite libre.....	17 177	fr.
Conduite libre, non compris les regards.....	23 136	—
Réservoirs, non compris tuyauterie et robinetterie .	36 037	—
Conduites et distribution.....	76 050	—
Branchements particuliers jusqu'aux maisons.....	13 369	—
Dépenses en régie, regards, blindage, etc.....	32 512	—
TOTAL.....	198 281	fr.

Tout en assurant son service public, la Ville était assurée de tirer à bref délai un bon intérêt de son argent.

11° EAUX DE DIEPPE

La ville de Dieppe est construite à l'embouchure de la vallée d'Arques ; elle est séparée de la vallée de la Scie, parallèle à la première, par une colline de craie dont le point culminant est à 85 mètres au-dessus du niveau de la mer. Le chemin de fer de Rouen à Dieppe traverse cette colline en souterrain.

Il en est de même de l'aqueduc qui amène à Dieppe les eaux des sources de Saint-Aubin-sur-Scie, sources abondantes qui sortent du massif crayeux au pied du coteau rive gauche qui limite la vallée resserrée de la Scie (pl. 22).

Ancien aqueduc. — C'est en 1530 qu'on se préoccupa de capter les sources de Saint-Aubin et de les amener à Dieppe ; la Ville les acheta 200 livres et passa pour la construction de l'aqueduc un marché avec Pierre Toustain, maître fontainier à Rouen.

Toustain se mit à l'œuvre en 1533 ; il alla chercher une partie des sources à l'intérieur du coteau, à l'aide de trois tuyaux de 0^m,15 de diamètre, et les recueillit dans une citerne voûtée d'où elles partaient par deux tuyaux en poterie de 7 pouces de diamètre. On ne disposait guère que d'une chute de 12 mètres entre le point de départ et le point d'arrivée, dont la distance était d'environ 6^{km},5.

Les plus grosses difficultés se présentèrent dans la construction du souterrain de plus de 2 kilomètres de long ; le constructeur ne savait se diriger ni en plan, ni en profil, aussi sa galerie en plein cintre, de 1^m,50 de large sur 1^m,80 de haut, est-elle sur toute sa longueur tortueuse dans le sens horizontal comme dans le sens vertical. Cette galerie, qui existe encore, n'a pu être achevée que parce qu'elle est

ouverte dans un bon terrain non aquifère ; sur une partie de sa longueur elle n'est pas maçonnée.

Après bien des tâtonnements, bien des reprises, Toustain ne semblait pas encore, au bout de quinze ans, devoir parvenir au terme de son entreprise ; il fut emprisonné, puis relaxé. Enfin les eaux arrivèrent à Dieppe au bout de vingt-trois ans.

Les deux tuyaux en poterie, logés soit dans un petit massif en maçonnerie, soit dans le fond de la galerie souterraine, présentaient comme elle un profil en long fort irrégulier ; les points bas étaient fermés par des bouchons, il n'y avait pas de ventouses aux points hauts, elles ne furent établies qu'en 1813 et, lorsqu'on voulait remplir les tuyaux après un chômage, il fallait perdre bien du temps pour entraîner l'air confiné dans les parties hautes. Du reste, les obstructions et les fuites furent continuelles et donnèrent lieu à d'énormes dépenses jusqu'en 1882, époque à laquelle l'aqueduc de Toustain fut remplacé par le nouveau.

DISPOSITIONS NOUVELLES. — La distribution actuelle a été étudiée avec beaucoup de sagacité et établie avec succès par MM. Lavoinne et Alexandre, ingénieurs des Ponts et Chaussées. M. Alexandre en a donné la description complète dans un intéressant mémoire inséré aux *Annales des Ponts et Chaussées* de 1884. C'est dans ce mémoire que nous avons puisé les renseignements qui composent la présente notice.

On voulait amener à Dieppe au moins 52 litres par seconde, 4 500 mètres cubes par jour, afin d'assurer 150 litres par tête et par jour à une population qui peut s'élever en été à 30 000 âmes. La canalisation ancienne n'amenait guère que 16 litres à la seconde. En fait, le projet a été calculé pour une portée de 80 litres à la seconde.

La prise d'eau n'est point changée ; elle est toujours aux sources de Saint-Aubin, mais, à celles que Toustain captait à l'intérieur du coteau par des tuyaux débouchant dans une cuve ou citerne voûtée, il a fallu ajouter une partie du produit des sources qui débouchent au fond d'une pièce d'eau artificielle appelée le Vivier, située au pied du coteau et établie partiellement en remblai sur la vallée ; le Vivier a été relié à la cuve par deux tuyaux de 0^m,30, qu'un vannage permet d'ouvrir ou de fermer à volonté. La cuve est donc alimentée des deux parts : l'eau qu'elle recueille s'en échappe par un déversoir ou vannage mobile qui permet de faire entrer dans l'aqueduc le volume nécessaire à la consommation. Le produit de toutes les sources ne tombant pas en étiage au-dessous de 178 litres, on voit qu'une grande marge est réservée pour l'avenir ; le trop-plein du Vivier fonctionne constamment et alimente un ruisseau.

Les eaux de la source sont bonnes, de saveur agréable, elles marquent 24° à l'hydrotimètre; elles sont donc un peu dures, mais dans un pays de craie il est impossible d'éviter cet inconvénient. Un litre d'eau après calcination donne un résidu de 0^{gr},357 dont voici la composition :

	grammes
Acide sulfurique.....	0,001
Chlore.....	0,024
Silice.....	0,008
Peroxyde de fer et alumine.....	0,008
Chaux.....	0,143
Magnésie.....	0,005
Alcalis, acide carbonique et produits non dosés...	0,173
TOTAL.....	0,357

Dispositions générales. — L'aqueduc a une longueur de 6 412 mètres dont 3 428 mètres en tranchée, 2 579 mètres en souterrain, 405 mètres en siphon. Sa chute totale est d'un mètre, dont 0^m,40 pour le siphon, la pente de l'aqueduc n'est donc que de 0^m,10 par kilomètre, et l'eau arrive à Dieppe à l'altitude de 19^m,50 (*fig.* 1 à 3, pl. 22).

On comprend qu'avec une aussi faible pente il faut, pendant la construction, apporter le plus grand soin à l'établissement du profil en long.

Le grand souterrain a 2 070 mètres de long.

Le siphon est un tuyau en fonte de 0^m,50 de diamètre; il traverse la rivière de Scie sur un pont-bâche en tôle de 12^m,20 de portée.

Au point d'arrivée de l'aqueduc on trouve le réservoir d'Arques et, à l'autre extrémité de la distribution, le réservoir de la cité de Limes, au faubourg du Pollet.

Une machine à vapeur installée près du réservoir d'Arques envoie une partie des eaux à un réservoir supérieur, dit de Caude-Côte, qui alimente les quartiers hauts de la ville.

Forme de l'aqueduc. — L'aqueduc est de forme ovoïde. C'est en tranchée une demi-circonférence de 1 mètre de diamètre surmontée d'une demi-ellipse dont le demi grand axe a 0^m,90; la hauteur est donc de 1^m,40. En souterrain la hauteur a été portée à 1^m,80. En tranchée il y a un regard tous les 250 mètres (*fig.* 4).

Le rayon de courbure a été augmenté au sommet de l'ellipse afin de rendre la circulation plus facile.

Il y a deux rouleaux de briques de 0^m,11 à la cuvette circulaire, un seul rouleau à la voûte; la différence est rachetée par du béton. Dans les parties en tranchée, on a doublé l'anneau de briques supérieur lorsque la hauteur de terre surmontant la galerie était supérieure à 4 mètres.

Le mortier employé a été formé avec 350 kilogrammes de portland de Boulogne par mètre cube de sable ; la dose de ciment a été de 500 kilogrammes pour la chape intérieure. Le rejointoiement de la maçonnerie était fait au fur et à mesure de la pose.

La profondeur moyenne des tranchées a été de 3^m,47, l'avancement moyen de l'aqueduc de 8 mètres par jour. M. Alexandre attribue cet heureux résultat à l'organisation méthodique des chantiers et à l'emploi pour tous les transports d'une voie Decauville de 0^m,40.

La hauteur libre en souterrain avait été prévue de 1^m,40 et la largeur 0^m,80 ; le Conseil des Ponts et Chaussées la fit porter à 1^m,80 et la largeur à 1 mètre. Dès que la profondeur de tranchée dépassait 5 à 6 mètres, il y avait avantage à entrer en souterrain. Le grand souterrain a été creusé à l'aide de douze puits, rejetés à 2^m,50 de l'axe de la galerie ; ces puits avaient 1^m,80 de diamètre, il eût fallu 2 mètres ; les parois restaient à nu dans la craie compacte, mais dans la craie divisée, ou mêlée d'argile et de silex, on a adopté un revêtement en feuillets de sapin de 0^m,012 maintenus tous les mètres par des cercles en fer de 0^m,04 sur 0^m,01 ; ce revêtement a suffi. Un seul ouvrier descendait un puits d'un mètre par jour.

L'avancement en souterrain a été de 0^m,80 en moyenne par attaque, par journée de 12 heures.

Siphon. — Le siphon, tuyau en fonte de 0^m,50, à la traversée de la Scie, offre une chute de 0^m,40 entre le radier du puisard d'amont et celui du puisard d'aval. Le tuyau s'évase, à l'entrée et à la sortie, en tronc de cône ayant 0^m,65 de diamètre à la base.

Durée du travail. — Vingt et un mois.

Débit. — Leseaux mettent 3 heures et demie pour aller de Saint-Aubin à Dieppe. Les débits ont été calculés : pour le déversoir de tête, par la formule des déversoirs en mince paroi : $0,405.l.h \sqrt{2gh}$, et pour la cuvette par la formule de Bazin, en prenant pour valeur du coefficient A la moyenne entre les valeurs afférentes aux parois très unies et aux parois unies.

La concordance entre les formules et les débits observés a été très satisfaisante. Elle l'a été aussi pour la vitesse maxima ; la formule de Bazin a donné sensiblement les mêmes vitesses que celles qui ont été observées en notant le passage de flotteurs en liège à deux regards espacés de 933 mètres.

La perte de charge au siphon n'a atteint 0^m,40, c'est-à-dire la chute ménagée entre les deux radiers des têtes, que pour un débit de 110 litres à la seconde, qui ne sera pas atteint de longtemps.

Réservoirs. — L'aqueduc débouche dans une chambre de 1^m,50 sur 2^m,20 ; les eaux peuvent s'en échapper soit par un déversoir de trop

plein suivi de tuyaux en poterie allant aux égouts, soit par la conduite maîtresse de distribution de 0^m,50 de diamètre, qui communique vers son origine avec le réservoir d'Arques.

Celui-ci joue le rôle de régulateur de la distribution; il s'emplit pendant la nuit, ainsi du reste que le réservoir du Pollet, et, pendant le jour, les deux réservoirs ainsi que l'aqueduc lui-même peuvent contribuer à l'alimentation.

Le réservoir d'Arques est divisé en deux compartiments de chacun 16^m,35 de long sur 13 mètres de large, avec profondeur d'eau de 3^m,75; — volume total 1 480 mètres cubes. — La maçonnerie est en moellons et mortier de chaux hydraulique; elle est recouverte à l'intérieur d'un enduit de 0^m,03 au mortier de portland, dosé à 500 kilogrammes de ciment (pl. 33).

Le réservoir est couvert en voûtes d'arête de 3^m,50 de portée, 0^m,51 de flèche, 0^m,41 d'épaisseur, portées par des piliers carrés de 0^m,45, le tout en briques et mortier de portland à 350 kilogrammes.

La chambre des robinets est distincte du réservoir.

Le réservoir du Pollet est analogue au précédent, sa capacité est de 1 120 mètres cubes.

Le réservoir de Caude-Côte, à 69 mètres au-dessus de celui d'Arques, alimenté par les machines, a 380 mètres cubes de capacité pour desservir une population qui est supposée devoir s'élever à 3 000 âmes.

Machines élévatoires. — On avait d'abord songé à disposer d'une partie de l'eau amenée par l'aqueduc pour créer une chute et actionner une turbine refoulant un certain débit dans le réservoir supérieur.

On y renonça afin de ne pas détourner pour cet usage une grande partie de la portée de l'aqueduc et aussi pour ne pas augmenter l'indemnité à payer aux usiniers de la vallée de la Scie.

On a eu recours à des machines à vapeur, type Woolf à balancier. Chaque bras de balancier fait mouvoir une pompe à simple effet, de sorte que l'ensemble du système est à double effet.

La consommation de ces machines a été de 1^{kg},50 à 1^{kg},80 de charbon par heure et par cheval, mesuré en eau montée. Chacune d'elles monte 14 à 15 litres d'eau à la seconde à 95 mètres de hauteur, soit une puissance de 18 à 19 chevaux.

Canalisation et appareils de distribution. — La canalisation comprend une conduite maîtresse dont le diamètre tombe de 0^m,50 à 0^m,15, une conduite de ceinture de 0^m,30, et des conduites transversales de 0^m,15, 0^m,108 et 0^m,08.

Il y a, en totalité, pour le service bas, 17 kilomètres de conduites avec cent soixante-et-onze robinets-vannes, soit environ 1 robinet par hectomètre.

La partie supérieure des conduites est à 0^m,90 sous le sol.

Aux points bas des conduites sont des robinets de décharge de 0^m,081 à 0^m,027.

Le service haut comporte 4 668 mètres de tuyaux de 0^m,15, 0^m,108 et 0^m,08 avec ving-huit robinets-vannes.

Les conduites et robinets sont du type de la ville de Paris ; l'essai a été fait à une pression de 8 atmosphères pour le service bas et 18 pour le service haut.

Les bornes-fontaines sont non pas à repoussoir, mais à jet continu, avec débit de 8 litres à la minute ; ce système plaît à la population, mais ne serait pas admissible si l'économie d'eau s'imposait.

Il y a soixante-sept bornes-fontaines, distance moyenne 266 mètres, une borne par 340 habitants.

Les bouches de lavage, placées aux points hauts, sont aussi à écoulement continu, avec débit de 10 litres à la minute. Il y en a cent cinquante-huit à 105 mètres l'une de l'autre en moyenne.

Sur les quais il y a seize bouches pour l'*alimentation des navires* ; sur le tuyau de prise on intercale à chaque opération un compteur mobile ; l'eau est vendue 1^{fr},25 et 2^{fr},25 le mètre cube aux steamers et voiliers français, 2 et 3 francs aux navires étrangers, 4 francs aux bateaux de plaisance.

Le service public absorbe donc au minimum, par minute :

67 bornes-fontaines à 8 litres.....	536 litres
158 bouches à 10 litres.....	<u>1 580</u> —
TOTAL	2 116 litres

ou 3 046 mètres cubes par jour, ou 138 litres par jour et par habitant pour une population de 22 000 âmes, et même 150 litres en tenant compte des arrosages à la lance.

Il n'y a guère de service public qui soit aussi largement assuré ; il serait facile de le restreindre sans nuire à l'hygiène, si cela devenait nécessaire.

Le service privé, qui se fait surtout au robinet de jauge, n'absorbe que 1 080 mètres cubes par jour, soit 50 litres par jour et par habitant.

Dépense. — La dépense s'est répartie comme il suit :

Acquisitions et indemnités de terrain	61 077 fr.
Adduction des eaux.....	575 692 —
Distribution intérieure.....	490 575 —
Machines élévatoires.....	31 500 —
Personnel, études et exécution.....	<u>42 000</u> —
TOTAL.....	1 200 844 fr.

Le mètre courant d'aqueduc en tranchée a coûté 51^{fr},89 et en souterrain 88^{fr},04 ; le mètre courant de siphon 103 francs ; le mètre courant moyen de la dérivation 69^{fr},50.

Le bâtiment des machines a coûté 27 120 francs, avec logement du mécanicien, et la cheminée 4 462 francs.

Les réservoirs ont coûté :

	MAÇONNERIE	ROBINETTERIE	TOTAL	CAPACITÉ	PRIX PAR MÈTRE CUBE
	fr.	fr.	fr.	mètres cubes	fr.
Arques.....	40 914	9 382	59 296	1 480	40
Limes.....	28 550	1 476	30 026	1 120	27
Caude-Côte.....	13 477	2 847	16 324	380	43

Si on fait abstraction de la robinetterie, les prix tombent à 28,26 et 35 francs par mètre cube d'eau emmagasiné.

Dès 1884, les recettes ont atteint au moins 45 000 francs pour 15 000 francs de dépense, soit un produit net de 2,5 0/0 qui sera rapidement dépassé.

Travaux exécutés pour couvrir les sources qui prennent naissance dans le bassin du Vivier. — Au xvi^e siècle, Toustain se contenta d'aller chercher dans le flanc du coteau une partie des sources et de les amener, par trois tuyaux en poterie de 0^m,15 de diamètre, dans une cuve voûtée E, figures 5 à 10, planche 22, cuve dans laquelle prend naissance l'aqueduc D.

Mais l'intérieur du coteau ne fournit guère que le sixième du produit des sources, soit une trentaine de litres à la seconde. Il a donc fallu adjoindre aux sources souterraines une partie du produit de celles qui apparaissent au jour dans le fond du bassin qu'on appelle le Vivier et qui est accolé au pied du coteau. Le Vivier est séparé de la cuve E par un chemin public, sous lequel passent deux tuyaux de 0^m,30 de diamètre qui permettent aux eaux du Vivier de pénétrer dans la cuve quand le produit des sources souterraines est insuffisant.

Le Vivier est un bassin artificiel très ancien, constitué du côté de la vallée par des terres rapportées ; naturellement les sources n'y existent que dans la partie voisine du coteau et le trop-plein s'écoule par des déversoirs dans le ruisseau voisin. Les déversoirs correspondent au sommet de barrages en poutrelles ; en enlevant les poutrelles, on met le Vivier à peu près à sec, et on peut reconnaître exactement l'emplacement des sources.

Il se forme une chute du Vivier vers la cuve, l'eau gagne celle-ci par les deux tuyaux de 0^m,30, elle y rejoint l'eau des sources du coteau, et le tout se rend par déversoir dans l'aqueduc D.

Une grande partie de l'eau consommée à Dieppe provient donc d'un bassin à ciel ouvert. Ce bassin a 1 440 mètres de superficie, avec une profondeur moyenne d'environ 1^m,75, soit une capacité de 2 500 mètres cubes; ce volume se renouvelle cinq fois en vingt-quatre heures, puisque le produit total des sources est de 178 litres à la seconde et que le Vivier en recueille les 5/6.

L'eau qui s'y trouve n'a donc guère le temps de se corrompre au contact de la vase, des herbes aquatiques et de l'air. Néanmoins, en été, il se développe à la surface du bassin une végétation puissante; l'eau est couverte de lentilles et de nombreux végétaux, enracinés au fond, flottent dans la masse entière, sauf au-dessus des sources principales. Malgré les précautions prises, malgré les toiles métalliques interposées entre le Vivier et la cuve, il passait dans celle-ci, et par conséquent dans l'aqueduc, des germes animaux et végétaux, des parcelles végétales, de petites lentilles d'eau. Tout cela venait parfois se déposer dans les réservoirs des consommateurs et obstruer les robinets de jauge.

La Ville nous consulta sur les moyens à appliquer pour remédier à cet inconvénient.

L'installation à poste fixe d'un gardien sur les lieux mêmes, qui eût procédé à un nettoyage continu et à un faucardement fréquent du Vivier, eût sans doute suffi; mais la municipalité préférait couvrir les sources de manière à les séparer du reste du bassin et à les mettre à l'abri de la lumière, ce qui empêcherait tout développement de la végétation.

Couvrir les sources du Vivier nous a paru dès l'abord une opération demandant à être exécutée avec prudence. On sait combien de fois des travaux de captage inconsidérés ont compromis l'existence de sources, qui se créent dans le sol un nouveau chemin et qui parfois se perdent. Dans l'espèce, il ne fallait pas oublier que le Vivier est de création artificielle, qu'il se compose en partie de terres rapportées incapables de supporter une construction lourde. Aussi avons-nous conseillé immédiatement de renoncer à un projet ancien de tours et de galeries en maçonnerie fondées sur pilotis et devant englober toutes les sources.

Voici le projet que nous avons donné et qui a été exécuté :

Une auge renversée, en tôle et fers spéciaux, de 33 mètres de long et de 4 mètres de large, est placée au-dessus des sources principales qu'elle contient presque toutes : une seule, restée en dehors, a été coiffée

d'un cylindre en tôle à toit conique, relié à la galerie par un tuyau en tôle de 0^m,50 de diamètre. La capacité ainsi formée reçoit donc le produit des sources ; l'eau reste pure ; par un conduit rectangulaire elle se rend dans la chambre qui précède les deux tuyaux de 0^m,30 communiquant avec la cuve souterraine ; l'excédent passe dans le Vivier par des orifices rectangulaires ménagés à la base des parois extrêmes de la galerie : un courant se produit toujours de l'intérieur à l'extérieur.

La galerie, comprenant deux parois verticales avec voûte en arc de cercle, est composée de travées ou d'anneaux de 4 mètres de long ; c'est une tôle de 3 millimètres, renforcée par des cadres intérieurs en cornières auxquels des croix de Saint-André donnent la rigidité voulue.

Les travées successives se touchent par des cadres en cornières, boulonnés les unes sur les autres ; leurs tranches inférieures sont serrées entre deux cornières horizontales qui forment base d'appui.

La naissance de la couverture ne dépasse que de 0^m,10 le niveau normal du Vivier.

On ne pouvait songer à appliquer les anneaux successifs sur le fond inégal du bassin ; aussi avons-nous placé sur le fond un petit caisson en tôle, de 0^m,50 de large et de 0^m,40 de haut, très léger, qui enveloppe toute la base rectangulaire de la galerie, sauf sur les deux parois d'extrémité, où le caisson est interrompu sur 1 mètre de large pour livrer passage à l'excès du débit des sources.

Le caisson est placé sur des bouts de traverse en chêne, posées sur le fond du bassin et munies de cales de façon à être toutes à peu près de niveau ; le caisson n'a de fond ni en haut, ni en bas ; il est composé de deux parois verticales, bordées par des cornières, assemblées par bouts et consolidées par des entretoises. Lorsqu'il a été en place, on l'a garni à l'intérieur dans le bas de morceaux de tôles planes et on l'a rempli de caillou cassé. C'est sur ce ballast que repose librement la galerie.

La pose a donc été facile et rapide et la charge imposée au fond est insignifiante, car la galerie ne pèse que 600 kilogrammes par mètre courant.

Notre attention a été attirée ensuite sur l'insuffisance de la section de communication que présentent les deux tuyaux de 0^m,30 qui relient le Vivier et la cuve. Quand le tirage d'eau est considérable, la charge nécessaire comprend la perte due au frottement dans les tuyaux, la perte due à la contraction à l'entrée et la perte due à l'annulation de la vitesse dans la cuve ; tout cela peut faire 7 ou 8 centimètres. Aussi avons-nous conseillé de poser au-dessus des deux tuyaux de 0^m,30 un autre tuyau de 0^m,40.

Les travaux exécutés paraissent avoir rempli le but qu'on se proposait.

Nous ferons remarquer que le service privé s'effectue à Dieppe avec des robinets de jauge ; on a conservé ce système parce qu'il était pratiqué dans la ville de temps immémorial.

Mais il est évidemment vicieux, et c'est peut-être lui qui a fait remarquer davantage les légers inconvénients causés par ce fait que l'eau d'alimentation provenait d'un bassin à ciel ouvert.

D'abord les trous de jauge s'obstruent facilement par l'entraînement d'une parcelle végétale. D'autre part, l'eau destinée à la consommation d'une maison, et parfois de plusieurs maisons contiguës, s'accumule dans un réservoir supérieur, placé au grenier, mal entretenu, rarement nettoyé ; l'eau peut y séjourner longtemps, surtout dans les angles ; elle est soumise aux variations atmosphériques, et reçoit les poussières ; elle est donc exposée à s'altérer et à se corrompre. C'est à cette cause probablement qu'il faut attribuer la saveur peu agréable que quelques consommateurs, nous a-t-on dit, constataient parfois en été dans l'eau de Dieppe.

Cette eau est excellente par elle-même ; le consommateur doit veiller à la conserver pure.

12° DÉRIVATION DE SOURCES POUR FRANCFORT-SUR-LE-MEIN

La ville de Francfort-sur-le-Mein est alimentée en eau potable principalement avec des eaux de source amenées par dérivation ; ce service est complété avec des eaux d'une nappe souterraine. Quant au service public, il est assuré, lorsque l'eau de source est absorbée entièrement par le service privé, à l'aide de machines élevant l'eau du Mein, qui est utilisée pour les marchés et abattoirs, les fontaines publiques ornementales, l'arrosage des rues, promenades et jardins.

Les travaux ont été exécutés par M. l'Ingénieur Lindley ; ils ont été décrits en 1891 par M. Hirsch, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, dans un mémoire qui nous a fourni les renseignements ci-après :

On se proposait d'amener 138 litres d'eau de source par tête, soit 13800 mètres cubes par jour pour une population évaluée à 100 000 habitants. On est allé chercher dans des vallées hautes deux groupes de sources, celles de Spessart et celles du Vogelsberg (pl. 24).

1° *Sources du Spessart.* — Elles sortent du grès rouge, dans un pays couvert de forêts ; le grès superficiel est très poreux et absorbe l'eau

de pluie, aussi le débit des sources est-il très variable, il diminue sensiblement pendant les gelées et en été. Le débit journalier moyen de 1871 à 1874 a été de 8 136 mètres.

Chaque source a été captée avec le plus grand soin ; on a déblayé à vif jusqu'au rocher et on l'a recouverte d'une voûte maçonnée, la privant de toute communication extérieure ; des regards et des escaliers permettent cependant de la visiter en tout temps. Le produit de plusieurs sources voisines est réuni dans une chambre unique munie de vannes et de décharges.

Les chambres sont reliées par des conduites libres en ciment, d'une longueur totale de 9 300 mètres et d'un diamètre variant entre 0^m,18 et 0^m,60 ; ces conduites sont calculées pour être mouillées sur $\frac{5}{6}$ de leur diamètre, elles sont à 2 mètres au moins sous le sol ; deux vallées profondes ont cependant été traversées en siphon. Des bouches d'air empêchent la pression de dépasser celle d'une colonne d'eau de 5 mètres, et c'est à cette pression qu'on a essayé les conduites après leur pose.

Il y a des sources sur les deux versants de la montagne ; on les a réunies par une conduite de 0^m,60 logée sur le côté d'une galerie en tunnel de 1 777 mètres de long et de 1^m,80 de largeur et de hauteur.

Le produit total des sources une fois réuni est porté au réservoir d'Aspenhainer Kopf (*fig. 2*, pl. 24) par une conduite forcée en fonte, de 7 500 mètres de long, dont le diamètre, de 0^m,535, tombe à 0^m,456 dans les parties basses ; la perte de charge totale est de 10 mètres, le débit de 92 litres par seconde. Cette conduite suit toutes les déclivités du terrain, et la pression dans les parties basses atteint jusqu'à 12 atmosphères ; on a ménagé sur le parcours deux manomètres et divers regards. Les manomètres sont précieux pour déceler les fuites. (Le débit calculé est à peu près celui que donnent nos tables pour une conduite de 0^m,46 de diamètre et de 7 500 mètres de long avec une perte de charge de 10 mètres ou de 1^{mm},1/3 par mètre courant.)

2° *Sources du Vogelsberg.* — Celles-ci sont plus régulières, leur débit journalier est de 8 800 mètres cubes ; au nombre de 139 sur une superficie de 49 hectares, elles sortent d'un plateau basaltique fissuré reposant sur un basalte compact imperméable.

Chaque source est captée dans le rocher vif et mise à l'abri des eaux superficielles. Toutes ces sources sont reliées entre elles et amenées à une chambre commune par des conduites libres en tuyaux de ciment d'un diamètre variant de 0^m,20 à 0^m,45 et d'une longueur totale de 3 200 mètres.

La chambre de dépôt est reliée au réservoir d'Aspenhainer Kopf

par une conduite forcée en fonte de 0^m,33 de diamètre, de 16 750 mètres de long, rachetant une hauteur de 76 mètres ; elle est calculée pour un débit de 115 litres par seconde (Nos tables établies d'après les expériences de Darcy n'indiquent guère dans ce cas qu'un débit de 90 litres).

Réservoirs et conduite d'adduction. — Le produit des deux groupes de source arrive donc au réservoir d'Aspenhainer Kopf, chambre carrée de 8 mètres de côté, divisée en quatre compartiments, dont deux forment cuves de réception des eaux et les deux autres servent à la manœuvre des vannes ; une décharge est ménagée.

De là part la conduite maîtresse de 45 kilomètres de long, 0^m,533 de diamètre, avec une chute de 98 mètres ou 0^m,00216 par mètre. (D'après nos tables, le débit de cette conduite serait de 165 litres à la seconde, ou 14 250 mètres cubes par vingt-quatre heures.)

Cette conduite porte 19 ventouses pour l'émission de l'air s'accumulant aux points hauts, 21 vannes de décharge, 12 robinets d'arrêt, des manomètres métalliques et 3 manomètres à mercure avec avertisseur électrique destinés à signaler les ruptures.

Vers le milieu de la longueur, comme le montre le profil en long, on a élevé, sur une colline de 70 mètres de hauteur, un château d'eau, tour en maçonnerie, de 15 mètres, portant une bache fermée : l'eau venant des sources s'épanche dans cette bache et s'écoule dans la conduite dirigée vers Francfort. Cela forme une colonne d'équilibre qui régularise la pression et localise les accidents en cas de rupture (*fig. 4*).

L'utilité de cet ouvrage est-elle en rapport avec la dépense correspondante ?

L'opinion des ingénieurs pourra se partager sur ce point.

La conduite maîtresse a coûté 3 347 000 mares dont 81 900 mares d'indemnités de terrains et 64 000 mares de dommages ; c'est un prix de revient de 74 mares par mètre courant ou de 92 francs.

La conduite d'aménée se termine par un aqueduc maçonné de 720 mètres de long, qui conduit les eaux à un réservoir en maçonnerie de 26 000 mètres cubes, divisé en quatre chambres, dont nous donnons ailleurs la description.

La température de l'eau dans le réservoir a varié de 7°,5 à 13°, lorsque la température extérieure variait de — 10° à + 23°.

L'analyse des sources a donné les résultats suivants pour le résidu solide contenu dans 1 litre d'eau, les poids étant exprimés en centigrammes :

	SOURCES DU VOGELSBERG	SOURCES DU SPESSART
	cg.	cg.
Chlorure de sodium	0,336	0,372
Carbonate de soude	0,799	0,232
Sulfate de chaux	0,434	0,199
Carbonate de chaux	3,119	0,153
Carbonate de magnésie	3,320	0,013
Silice	2,903	0,696
Matières humiques	0,281	»
Acide azotique, fer, alumine et substances organiques	»	0,355
TOTAL.....	11,193	2,019

L'adduction des eaux de source ne suffit pas à tous les besoins; elle est complétée par un puisage dans une nappe souterraine, dont nous parlons ailleurs, et une prise en rivière est réservée en été pour le service public; l'eau de rivière est distribuée par l'ancienne canalisation de la ville.

Le débit des sources est maximum en février et peut s'élever alors à 18 000 mètres cubes; mais il diminue en été et peut tomber à 10 000 mètres cubes pendant les trois mois de septembre à décembre.

13° DÉRIVATION D'UNE SOURCE POUR ALIMENTATION D'UNE GARE

Pour alimenter la gare de Meulan (ligne de Paris à Mantes par Argenteuil), M. l'Ingénieur Bonnet a capté une source sur le flanc du coteau qui borde la rive droite de la Seine; cette source se trouvait à la base des sables du Soissonnais à leur séparation avec l'argile plastique; elle marquait 20° à l'hydrotimètre et donnait un débit de 160 mètres cubes par vingt-quatre heures.

« Le captage a été réalisé, non au point d'émergence de la source qui était trop bas, mais à l'aide d'une profonde tranchée dirigée suivant une horizontale du coteau et creusée jusqu'à l'argile au-dessous des sables aquifères; cette tranchée (*fig. 8*) a ses talus protégés du côté amont par un mur de soutènement à pierres sèches permettant le passage des eaux et du côté aval par un mur de revêtement en maçonnerie de mortier formant barrage; ces murs sont réunis par des arcs-boutants en maçonnerie. »

La longueur de la tranchée est de 27 mètres; il y a cinq arcs-boutants de 1 mètre d'épaisseur.

Les eaux recueillies dans la cuvette se réunissent dans un tuyau

tracé suivant une ligne de plus grande pente de coteau, qui les conduit dans un réservoir de décantation, établi à air libre sur plan circulaire avec 17 mètres de diamètre et 1^m,60 de profondeur, capacité 300 mètres cubes. Un mur divise ce bassin en deux parties indépendantes, et c'est du mur de séparation que part la conduite de 0^m,10 de diamètre et de 2 016 mètres de long aboutissant aux cuves-réservoirs de la gare.

La chute entre le bassin de décantation et les cuves est de 4^m,80; le débit de la conduite est donc 2^{lit},4 à la seconde, ou environ 200 mètres cubes par jour.

Le point le plus bas de la conduite est à 26 mètres sous le plan d'eau du bassin de décantation.

La dépense a été très élevée, car l'aqueduc de captage et l'aqueduc qui lui fait suite ont coûté 56 800 francs, le bassin de décantation 16 800 francs, les conduites et appareils divers 40 200 francs, à quoi il faut ajouter les tours et les cuves. Si l'on avait à faire un pareil travail pour une commune, on serait nécessairement amené à projeter des travaux moins parfaits et moins soignés, mais plus économiques.

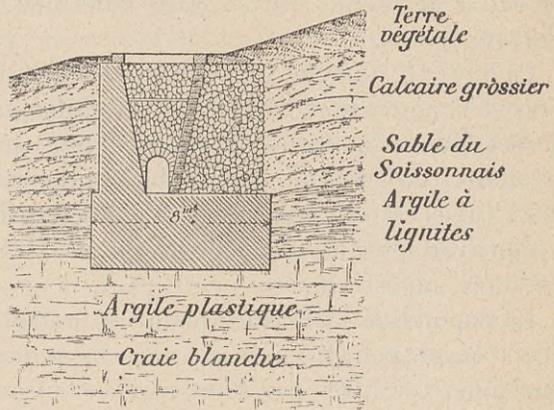


Fig. 8.

14° ADDUCTION D'EAU DE FERRARE

La cité de Ferrare s'alimentait avec des puits de faible profondeur, creusés dans les alluvions de la plaine; l'eau en était chargée de matières organiques par suite des infiltrations de tout genre et contenait 2^{gr},18 de matières solides par litre.

Il fallait remédier à cette situation; on avait bien pensé à une prise d'eau dans le Pô, qui passe à 5 kilomètres de la ville, mais la qualité des eaux était suspecte et la dépense des machines considérable.

Aussi préféra-t-on amener par la gravité des eaux souterraines captées à Castel-Franco, à 57 kilomètres de la ville. La captation est analogue à celle des *fontaniles*. On trouve en cet endroit, situé au

pied de l'Apennin, à l'extrémité ouest de la plaine de Bologne, une nappe d'eau souterraine, riche et pure, baignant des sables et des graviers surmontés d'une couche d'argile, et cette nappe est à 25 ou 30 mètres de profondeur sous le sol. Quand on va la chercher par un forage artésien, elle monte à la surface ; elle alimente, du reste, le canal de Cento qui se jette dans un bras du Pô aux portes de Ferrare.

La figure 5, planche 32 est la coupe d'un des puits artésiens de captation et la figure 6 en est le plan. Un tube en fer, de 0^m,20 de diamètre, descend donc à 25 ou 30 mètres sous le sol ; il est entouré, sur 10 mètres de hauteur, par un autre tube en fer de 0^m,50 et entre les deux tubes est un remplissage en mortier de ciment ; toute communication avec les eaux superficielles et avec les eaux supérieures à l'argile est donc impossible.

La population de Ferrare et de ses faubourgs est de 30 000 habitants et on compte pour l'avenir sur une consommation de 5 000 mètres cubes par jour, 166 litres par tête ; mais ce taux ne sera pas atteint de longtemps, et le concessionnaire a été autorisé à poser d'abord une seule conduite capable de débiter 2 500 mètres cubes.

En fait, il n'y a que sept puits forés jusqu'à ce jour donnant un débit de 1 500 mètres cubes, qui suffit, mais le concessionnaire est propriétaire d'une surface de terrain aquifère qui lui permet de faire face aux besoins futurs.

Les puits artésiens versent leur produit dans une conduite en ciment de 0^m,42 de diamètre, qui aboutit au réservoir en maçonnerie, de 280 mètres cubes de capacité, qui forme la tête de l'aqueduc.

De ce réservoir part donc une conduite en ciment de 57 000 mètres de long et de 0^m,42 de diamètre aboutissant au réservoir de Montagnone, de 1 053 mètres cubes, qui domine Ferrare et dont le plan d'eau est à 11^m,40 au-dessus du sol du milieu de la ville.

Ce réservoir (*fig.* 3 et 4 pl. 32) est voûté en plein cintre.

La chute totale de l'aqueduc est de..... 14^m,60
Soit une perte de charge par mètre courant de... .. 0^m,000256

Nos tables, dressées d'après la formule de Darcy pour tuyaux depuis longtemps en service, indiquent dans ces conditions un débit de 28 litres à la seconde, soit environ 2 500 mètres cubes par vingt-quatre heures ; c'est la quantité voulue.

Nous aurons l'occasion de parler dans un autre chapitre de cette longue conduite forcée en mortier de ciment de la Porte de France (Grenoble) ; elle a absorbé 8 039 tonnes de ciment.

La charge d'eau qu'elle supporte varie de 1^m,50 à 14 mètres et son épaisseur de 0^m,09 à 0^m,19 (*fig. 7 pl. 32 et fig. 7 pl. 20*).

Elle suit toutes les sinuosités du terrain qui sont nombreuses, passe sous un grand nombre de voies publiques; elle est toujours surmontée d'un mètre de terre, aussi l'eau qu'elle renferme y reste-t-elle toujours fraîche. Sur plusieurs points, le terrain était mauvais, et il a fallu procéder à des travaux de consolidation et de drainage pour assurer la stabilité de la conduite.

On compte sur la longueur cinq *colonnes piézométriques* placées aux sommets les plus accusés; il y a, en outre, 70 ventouses automatiques. On est à peu près certain d'éviter ainsi les coups de bélier, si dangereux pour les conduites de ce genre.

M. Dupra, ingénieur en chef de la ville, a rendu compte de ces travaux dans une notice insérée à l'*Ingegneria civile* de 1890. L'aqueduc a été inauguré en juin 1890; en février 1896, M. Dupra certifie qu'il n'a eu qu'à se louer jusqu'à ce jour du bon fonctionnement de la conduite et de sa résistance; les réparations ont été de très peu d'importance.

15° ALIMENTATION D'EAU DU CHATEAU DE LA ROCHE-GUYON

L'alimentation du château de la Roche-Guyon est très intéressante parce qu'elle remonte au milieu du siècle dernier et qu'elle se compose d'une longue conduite amenant le produit de petites sources et de drains dans un réservoir souterrain qui domine le château et qui est creusé dans le flanc du coteau.

Le château historique de la Roche-Guyon est situé sur la rive droite de la Seine, entre Mantes et Vernon, au pied de la falaise du calcaire grossier qui borde le fleuve; le plateau supérieur est à l'altitude 150 mètres et la rive de la Seine à 18 mètres seulement. Le château est au pied de la falaise qui le domine à pic.

Les eaux du plateau, vers Chérence, ont été captées par des tuyaux et des pierrées, et réunies dans une conduite en tuyaux de grès et en maçonnerie de briques et ciment, qui suit à peu près la crête de la falaise et aboutit à un réservoir creusé dans le rocher même: on accède du château à ce réservoir par un sentier en lacets et par une galerie souterraine qui prend jour sur la vallée; c'est, en petit, ce que l'on a fait pour les grands réservoirs de Naples. Afin d'obtenir un réservoir étanche, il a suffi de garnir avec du mortier les fissures de la roche.

L'inscription suivante résume les dispositions générales adoptées :

Aquam hanc, per summa collium, quatuor fere abhinc millibus, variis canalibus ductam, publicæ utilitati adduxit Alexander dux Rupifucaldus, anno 1742, cura, labore et ingenio Ludovici Villars architecti.

La conduite comporte, comme nous l'avons dit, des pierrées, des parties en tuyaux de grès, d'autres en tuyaux de ciment, des sections en souterrain, des regards et des tuyaux de décharge, un branchement pour alimentation d'une fontaine en cours de route, un réservoir de 2 200 muids. Le réseau de distribution, qui alimente le château et ses dépendances, ainsi qu'une belle fontaine sur la place publique du bourg, est aussi très bien compris et le tout fait honneur à l'auteur des travaux.

16° EAUX DE NAPLES

La distribution d'eau de Naples, inaugurée en 1885, a été établie par notre Compagnie générale des Eaux, qui a exécuté les travaux après avoir remanié assez profondément les projets remarquables préparés dès 1862 par l'ingénieur italien Abate.

Les renseignements qui suivent proviennent de la notice publiée par la Compagnie.

Le massif montagneux sur le versant et au pied duquel se développe la ville de Naples est très pauvre en eau : c'est seulement dans la haute vallée du Sabato, vallée Caudine, à 50 kilomètres de Naples à vol d'oiseau, que l'on trouve des sources abondantes, les sources de Serino, utilisées autrefois par les Samnites et par les Romains ; ce sont les mêmes qu'on a conduites à Naples.

L'ancien aqueduc samnite a pu être retrouvé, il avait presque partout 0^m,60 de largeur, 1^m,60 de haut : radier plat avec piédroits verticaux supportant une voûte ou toit à deux pentes fait avec de grandes tuiles en argile cuite ; les parois, recouvertes d'épaisses incrustations, portent encore la trace de l'enduit qu'elles avaient reçu.

L'aqueduc romain, aqueduc Claude, était de proportions plus grandes, il desservait toutes les villes et villas du rivage ; sa longueur était de 80 kilomètres, il offrait à la vue un pont-aqueduc de 4 kilomètres et les fameux Ponti-Rossi, traversait la grotte de Pouzzoles et jetait même une branche dans l'île de Nisida ; il se terminait à la

piscina mirabilis, qui existe encore au cap Misène, vaste réservoir destiné à l'alimentation des flottes romaines.

Au moyen âge deux aqueducs moins importants, ceux de la Bolla et de Carmignano, ont été établis pour amener à Naples des sources secondaires qui peuvent donner 17 000 mètres cubes par jour.

C'était peu pour une population de 500 000 habitants et dans une ville où l'eau à consacrer aux services publics doit être très abondante.

La nouvelle distribution a été exécutée de 1882 à 1885 sous la haute direction de M. Marchand, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, directeur de la Compagnie des Eaux, par M. l'ingénieur Schnœbelé.

En voici les principaux éléments, planche 23.

Captage des sources. — Les sources sont captées à Serino dans la vallée supérieure du Sabato, affluent du Volturno; ce sont les sources Urciuoli, situées à 330 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Il y en a d'autres plus élevées, qui constituent une réserve pour l'avenir.

Les sources Urciuoli ont donné plus de 2 mètres cubes à la seconde, pendant l'étiage, 170 000 mètres cubes par vingt-quatre heures au minimum, 340 litres par tête pour une population de

500 000 habitants; mais on n'amène pour le moment jusqu'à la ville que 200 litres par tête, soit 100 000 mètres par jour.

Avant de procéder au captage, on a pratiqué des sondages prudents et méthodiques afin de reconnaître l'assise imperméable sans l'entamer; elle se trouve à 12 mètres de profondeur et supporte un terrain formé de sables, de graviers et de blocs calcaires détachés (*fig. 3*, pl. 23); le tout, éminemment perméable, contient la nappe aquifère de 3 à 4 mètres de hauteur moyenne et est recouvert d'une croûte de tuf noir, de limons et de terre végétale.

On a recueilli les eaux des différentes sources à l'aide de trois galeries souterraines, en maçonnerie de moellons et chaux hydraulique; la voûte des galeries est en briques avec chape imperméable à l'extrados; des barbacanes sont ménagées dans les piédroits qui sont garnis à l'extérieur avec de gros galets; les galeries n'ont pas de radier quand elles sont fondées sur le tuf; lorsqu'elles reposent sur le gra-

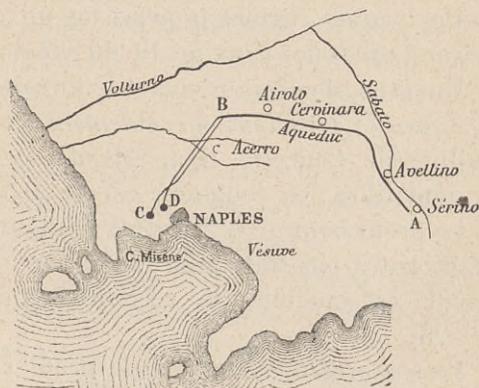


Fig. 9.

vier, on leur a donné un radier en pavés à sec avec chaînes transversales en béton.

Pour empêcher l'accès des eaux superficielles, les galeries sont surmontées d'un corroi en argile bien battue ; les deux ravins qui traversent la prairie des sources ont été endigués et dotés d'un radier maçonné.

Les figures 1, 2, 4, 5 (planche 23) donnent les profils des deux galeries ou conducteurs principaux, avec le plan des lieux avant et après l'opération.

La pente des collecteurs est de 2 pour 1 000.

Ils se réunissent dans une chambre carrée de 12^m,50 de côté, divisée en trois étages : l'un au niveau du sol latéral, l'autre où aboutissent les collecteurs et le troisième d'où part l'aqueduc.

Des vannes règlent la prise, et un canal de décharge permet d'envoyer l'excès des eaux au lit du Sabato.

Un mur d'enceinte enclot le terrain des sources.

Aqueduc principal à écoulement libre. — Entre les sources et la colline de Canello, ligne AB de la figure 9, l'aqueduc est à écoulement libre ; sa longueur est de 59 551^m,75.

Le profil courant a 2 mètres de hauteur sous clef, une largeur de 1^m,60 entre piédroits avec radier en arc de cercle renversé ; quand ce profil est modifié, la section demeure équivalente (*fig. 7 à 11, pl. 23*).

En souterrain, on a pris un profil circulaire de 2 mètres de diamètre pour mieux résister à la poussée des terres. Le canal est en maçonnerie ordinaire de pierres calcaires ou de tuf ; quelques parties sont en briques lorsqu'on voulait une maçonnerie bien solide. Le mortier est composé de parties égales de chaux grasse, de pouzzolane et de sable ; l'épaisseur de la maçonnerie est de 0^m,40 pour les piédroits, 0^m,30 pour la voûte ; dans le rocher elle se réduit à 0^m,20.

Le canal est intérieurement garni sur toute sa surface d'un enduit en ciment de Grenoble, de 15 millimètres d'épaisseur.

La section transversale est de 2^m,80 ; avec la pente uniforme de 0^m,50 par kilomètre, et une hauteur d'eau de 1^m,20 réduisant la section d'écoulement à 1^m,81, la formule de Darcy, avec les coefficients relatifs aux parois simplement unies, donne un débit de 2 mètres cubes. Il y a donc de la marge pour l'avenir.

Il y a 14 500 mètres de souterrains dont le percement, souvent dans une argile humide, a donné lieu à de grosses difficultés, d'autant plus que souvent il se dégagait des gaz explosibles.

Il y a 20 ponts-aqueducs d'une longueur totale de 1 800 mètres, voûtes en plein cintre de 8 mètres de diamètre (*fig. 6, pl. 23*).

Au passage de ravins escarpés, il y a deux siphons composés l'un de quatre files, l'autre de trois files de tuyaux de 0^m,80 de diamètre; la perte de charge est de 1^m,50 dans le premier pour une longueur de 588 mètres; et de 2^m,50 dans le second, pour une longueur de 526 mètres.

Les tuyaux sont à cordon et emboîtement avec joints au plomb; pour les empêcher de glisser suivant la pente du terrain, on les a retenus par des chaînes transversales en maçonnerie.

La mise en charge des siphons se fait par le bas, à l'aide d'une conduite auxiliaire de 0^m,45 de diamètre; l'eau s'élève régulièrement dans les gros tuyaux et l'air s'échappe librement, sans qu'il y ait à craindre les coups de bélier si dangereux lors du remplissage direct.

Le canal comporte des décharges qui permettent de le vider par tronçons de 5 kilomètres: il y a tous les 200 mètres un regard fermé par une trappe, muni d'une échelle en fer et d'une cuvette pour arrêter les sables. Des cantonniers logés sur la ligne sont chargés de l'entretien.

On a ménagé sur le parcours trois chutes de 5 mètres, de 36 mètres et de 37^m,43, qui pourront être utilisées par l'industrie et qui représentent une puissance de plus de 2 000 chevaux-vapeur.

Grands siphons de Canello. — L'aqueduc libre se termine à la colline de Canello en B; il se prolonge par un aqueduc forcé qui aboutit aux deux réservoirs C et D, supérieur et inférieur (*fig. 9*).

S'il peut arriver à Canello 2 mètres cubes par seconde, ou 172 800 mètres cubes par jour, l'aqueduc forcé n'est calculé pour prendre que 100 000 mètres cubes, 200 litres par tête.

Il traverse la plaine d'Acerra par trois grands siphons: un de 0^m,70 de diamètre qui va au réservoir supérieur C, les deux autres de 0^m,80 qui vont au réservoir D du moyen et du bas service.

Le premier part de l'altitude 207,77, aboutit à 183 mètres et débite 232 litres par seconde pour une longueur de 22 720 mètres et une perte de charge totale de 24^m,77.

Les deux autres partent de l'altitude 135^m,36, aboutissent à 93^m,60 et débitent chacun 464 litres pour une longueur de 18 727 mètres et une perte de charge totale de 42^m,05.

Au point le plus bas, le premier supporté une pression de 186 mètres, et les seconds une pression de 113 mètres.

La tête des siphons prend l'eau dans la chambre de départ par un pavillon recourbé vers la terre, ce qui évite l'entrée de l'air; une ventouse se trouve au sommet de la partie plongeante (*fig. 14 et 15, pl. 23*).

Vu l'énormité des pressions, on a donné aux tuyaux des épaisseurs variables, calculées par la formule

$$E = \frac{HD}{2R},$$

dans laquelle on a pris pour le coefficient R de résistance de la fonte à la traction la valeur 4,75. Cela conduit, par exemple, pour le tuyau de 0^m,70, à une épaisseur de 37 millimètres pour les pressions comprises entre 170 et 187 mètres de hauteur d'eau.

Les tuyaux ont été éprouvés à une pression double de celle qu'ils doivent subir, sans dépasser 25 atmosphères, et rééprouvés après la pose à la pression réelle augmentée de 5 atmosphères.

Ils ont été posés à l'aide d'une voie de service, à écartement normal, placée entre les deux tranchées qui devaient les recevoir; ils sont partout surmontés d'au moins 1^m,25 de terre (*fig.* 12 et 13).

La mise en charge s'opère par le bas, à l'aide d'une conduite auxiliaire de 0^m,20 de diamètre et de 8 420 mètres de long.

Des décharges sont établies en nombre suffisant.

Réservoirs. — Les réservoirs de Naples sont fort intéressants; ils ont été creusés au cœur même de la montagne qui domine Naples, et se composent de vastes galeries percées dans la roche tufière; d'où économie, simplicité de construction, préservation des causes extérieures d'impureté ou d'échauffement.

Le plus grand des deux réservoirs (*fig.* 1 et 2, pl. 32), creusé dans la colline de Capo di Monte, comprend cinq grandes galeries parallèles à 50 mètres de profondeur sous le sol; leur profil est un ovale à cinq centres, rétréci par le haut, évasé par le bas, hauteur 10^m,80, largeur 9^m,25, même largeur pour le pilier qui sépare deux galeries. La hauteur maxima de l'eau est de 8 mètres correspondant à une section de 69 mètres carrés. La première et la deuxième galerie, la quatrième et la cinquième communiquent; la troisième est isolée; ce qui fait trois réservoirs indépendants. Contenance totale des cinq galeries: 80 000 mètres cubes.

Les déblais ont été déposés dans des carrières abandonnées du voisinage.

L'intérieur des galeries a reçu un enduit de ciment de Grenoble, de 13 millimètres d'épaisseur en bas, 5 millimètres en haut.

Sept puits assurent l'aération.

Normalement aux galeries-réservoirs se trouvent trois étages de galeries de service superposées et parallèles; la première galerie de service est celle d'arrivée de l'eau, qui y parcourt une cuvette libre et

tombe dans les compartiments 2, 3, 4, en glissant sur un rapide ; des vannes règlent le débit. La seconde galerie est celle de départ ; elle est au niveau du radier du réservoir ; des robinets-vannes permettent la prise soit dans les réservoirs, soit exceptionnellement dans la cuvette d'amenée.

La galerie de service la plus basse sert à l'écoulement de toutes les eaux que l'on veut mettre en décharge. Elle n'a que 3 mètres de haut sur 2 mètres, les autres ont 4 mètres sur 4 mètres.

L'accès aux galeries se fait par un escalier en hélice, logé dans un puits de 4 mètres de diamètre.

Canalisation. — Nous avons peu de choses à dire sur la canalisation.

La canalisation du haut service se termine par des cuves destinées à recevoir l'eau en excès aux heures de moindre consommation ; l'arrivée de l'eau dans ces cuves est réglée par des robinets flotteurs automatiques, tels que le niveau de l'eau dans les cuves ne dépasse jamais celui de l'eau dans le grand réservoir de Capodimonte. Cette eau en excès peut servir aux villages suburbains ou renforcer le service bas.

Toutes les conduites sont posées au moins à 1 mètre de profondeur.

Les travaux, commencés en novembre 1882, ont été terminés en décembre 1884.

CHAPITRE XVI

TUYAUX ET CONDUITES

SOMMAIRE. — Tuyaux et conduites. — 1° Tuyaux en bois. — 2° Tuyaux en poterie et terre cuite. — 3° Tuyaux en mortier ou en béton de ciment. — Conclusion sur les conduites en ciment. — Expériences comparatives sur les tuyaux en terre cuite, grès, ciment. — Application du béton maigre de ciment au captage des eaux souterraines. — 4° Tuyaux en fonte; 1° assemblage à emboîtement; 2° assemblage à brides; 3° assemblage à bagues; tuyaux à joints forcés; joint sphérique ou à rotule; joints au caoutchouc; prix et poids des tuyaux en fonte; résistance des tuyaux; machine à essayer les tuyaux. — 5° Tuyaux en tôle de fer ou d'acier. — 6° Tuyaux en sidéro-ciment. — 7° Tuyaux en plomb; action de l'eau sur les conduites en plomb; exemples de destruction de tuyaux en plomb. — Tuyaux en cuir ou en caoutchouc.

Dans le langage technique, les mots tuyaux et conduites s'emploient indifféremment l'un pour l'autre; il eût mieux valu réserver le nom de tuyau aux tubes à section circulaire destinés à fonctionner à pleine section, c'est-à-dire sous pression, et celui de conduite aux canaux dont la section n'est mouillée que sur une certaine hauteur et dans lesquels la pression atmosphérique s'exerce toujours à la surface du liquide. On ne l'a pas fait, et les deux dénominations sont à peu près synonymes: cependant, quand on veut spécifier qu'une conduite livre passage à l'eau par sa section entière, on dit que c'est une conduite *forcée*.

Dans ce chapitre, nous ne nous occuperons que des tuyaux circulaires.

Un constructeur de Manchester a préconisé, il y a quelques années, l'emploi de tuyaux à *section elliptique*. L'eau, qui s'y congèlerait, les déformerait seulement en augmentant la section, c'est-à-dire en la rapprochant de la section circulaire, mais ne les ferait pas éclater.

Le système n'a point passé dans la pratique, car ces tuyaux sont de construction plus difficile que les tuyaux circulaires, et moins résistants; rien ne prouve, du reste, qu'ils ne se déchireraient pas par la congélation, si on les établissait en fonte ou en toute autre matière peu élastique.

Le plus simple est de mettre les conduites à l'abri de la gelée.

La variété des tuyaux est plus grande aujourd'hui qu'autrefois et,

dans chaque cas, le choix du système à adopter est dicté par les circonstances.

Les Romains ne connurent que les tuyaux en poterie ou en plomb, c'est-à-dire des tuyaux à diamètre limité et à faible résistance. Les tuyaux en poterie ordinaire rompent au moindre coup de bélier et n'admettent jamais les fortes pressions.

Quant aux tuyaux de plomb des Romains, ils n'étaient pas obtenus par moulage ou par étirage, mais par enroulement de feuilles de plomb dont on soudait les bords; la section était non point circulaire, mais piriforme, et les deux lèvres soudées formaient une nervure saillante; or, des tuyaux à section déformable, pressés à l'intérieur, se rapprochent toujours de la section circulaire; aussi ces tuyaux étaient-ils exposés à de fréquentes déchirures.

Nous distinguerons :

Les tuyaux en bois ;

- en poterie et terre cuite ;
- en mortier ou en béton de ciment ;
- en fonte ;
- en tôle de fer ou d'acier ;
- en mortier de ciment avec armature de fer ou d'acier (sidéro-ciment) ;
- en plomb.

1° TUYAUX EN BOIS

L'un des systèmes de canalisation les plus anciens, et qu'on emploie encore aujourd'hui çà et là, est formé par des tuyaux en bois. On prend des branches entières brutes, à travers lesquelles on perce, à la tarière, un trou de largeur convenable. Le choix de l'espèce de bois exerce une grande influence. Le prix peu élevé des sapins, leur régularité, la facilité de leur creusement les

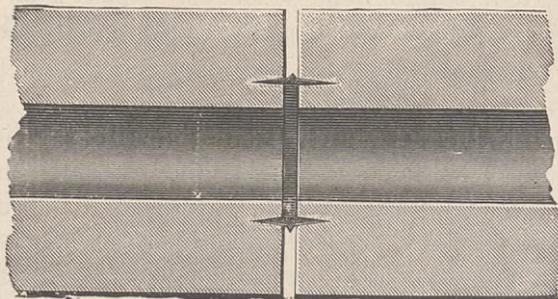


Fig. 10.

font souvent employer. On choisit, d'ailleurs, dans cette essence, autant que possible, le pin, que l'expérience a démontré comme étant le plus

durable et le plus convenable. Pour éviter que le bois ne se fendille en se desséchant, et pour lui enlever ses principes solubles, on a généralement soin de maintenir les tuyaux un temps suffisant dans l'eau, avant de les mettre en place. Les assemblages se font, soit en emboîtant l'un dans l'autre les tuyaux convenablement taillés à leurs extrémités, soit simplement en reliant les deux bouts voisins par un anneau en fer, figure 10, muni de bords aigus, qui s'enfoncent dans chacune des parties. Les canalisations en bois, bien que très économiques d'installation, se conservent très mal et exigent un entretien coûteux ; les anneaux d'assemblage se rongent par la rouille, le bois lui-même se modifie en peu d'années et passe à l'état de masse pourrie, absolument sans résistance. On a proposé d'imprégner le bois de goudron ; mais, outre que cette préparation est coûteuse, elle donne souvent aux eaux un goût qui persiste très longtemps. Aussi, ces divers motifs ont-ils fait renoncer depuis longtemps au bois dans les diverses installations, et on ne le rencontre plus que rarement et dans des cas spéciaux.

C'est avec des tuyaux en bois que sont constitués les corps des vieilles pompes.

2° TUYAUX EN POTERIE ET TERRE CUITE

Ces tuyaux rendent de grands services pour l'écoulement des eaux-vannes et ménagères et pour l'assainissement des habitations ; nous en parlerons en traitant des égouts. En général, ils ne conviennent pas pour les conduites de distribution ni pour les conduites forcées, et leur emploi dans ce cas est exposé à de fréquents mécomptes, car ils se prêtent moins que la fonte à des déformations transversales.

Cependant on s'en est servi quelquefois pour des conduites d'amenée à pression faible et constante.

Les tuyaux en terre cuite émaillée à l'intérieur, fabriqués par la maison Zeller d'Alsace, ont reçu d'assez nombreuses applications dans l'Est ; ils résistent à des pressions d'épreuve de 10 atmosphères et plus et leurs parois lisses s'opposent à la formation des dépôts. On en a même établi qui supportent des pressions de plusieurs atmosphères et de nombreux certificats d'architectes et d'ingénieurs en constatent le succès, pourvu que la pose en soit effectuée avec soin.

Les assemblages se font par manchons en terre cuite entourant, sur 0^m,10 de long, les abouts des tuyaux qui ont 1 mètre de long, et le

joint est assuré par un coulis de ciment qui remplit le vide entre le manchon et les tuyaux.

Mais si l'on remarque que les terrassements et les travaux accessoires restent les mêmes et que le prix de ces tuyaux en terre cuite est relativement élevé, 1^{er},45 le mètre courant pour le diamètre 0,04 et 3^{er},95 pour le diamètre 0^m,10 pris à l'usine, on reconnaît qu'ils sont à peu près aussi coûteux que les tuyaux en fonte, lorsqu'on est éloigné



Fig. 11.

du lieu de production. Sauf pour les eaux incrustantes, ils ne sont pas plus avantageux.

Nous reconnaissons cependant qu'ils ont pu rendre de sérieux services, surtout pour de petites adductions d'eau dans les campagnes, mais nous restons convaincus qu'il ne faut les employer que sous petite pression.

Quant aux tuyaux en poterie vernissée, de provenance quelconque, de résistance non contrôlée, il faut les réserver au drainage des habitations. Le point faible est toujours la confection des joints étanches, vu le défaut d'adhérence du ciment sur la poterie vernissée ; on a éprouvé de ce fait quelques déceptions lorsqu'on a voulu appliquer ces tuyaux à des conduites forcées.

3° TUYAUX EN MORTIER OU EN BÉTON DE CIMENT

On fabrique partout aujourd'hui des tuyaux de tout diamètre en béton ou mortier de ciment, et ils rendent les plus grands services, personne ne le conteste, pour l'établissement des aqueducs ordinaires et des petits égouts, ainsi que pour les adductions d'eau sous faible pression, à condition que les joints soient bien faits et ne livrent pas passage aux végétations.

Mais il convient de faire quelques réserves en ce qui touche leur application aux conduites forcées.

On a malheureusement constaté dans ce cas quelques insuccès, et nous en trouverons des exemples dans les statistiques des distributions d'eau en France ; il a fallu parfois substituer des tuyaux en fonte à des tuyaux en ciment sur lesquels on fondait grande espérance.

Il en est résulté une défaveur injustifiée, et il est bon de réagir, car proscrire les tuyaux en ciment serait s'interdire l'exécution d'adductions d'eau dont les tuyaux en fonte, à cause de leur prix élevé, rendraient la réalisation impossible. Mais il faut avoir soin de s'adresser à des maisons qui ont fait leur preuve, de leur imposer toutes les garanties désirables et d'exiger dans la pose des soins minutieux.

On voit souvent des tuyaux en mortier de ciment s'affaisser ou se disloquer quelque temps après la fabrication ; les ciments à prise rapide de première qualité et les tuyaux fabriqués sur place ont généralement donné des résultats bien supérieurs à ceux qu'on obtient avec les ciments à prise lente. Cependant le retrait que les ciments prennent progressivement après leur emploi est toujours une cause de danger ; il entraîne des fissures longitudinales et transversales, à moins qu'on n'ait soin de laisser un certain jeu à ce retrait.

Un autre inconvénient des tuyaux en ciment est leur *perméabilité* ; quand le mortier est maigre, peu comprimé, la masse devient excessivement poreuse et l'eau, même sous faible pression, la traverse comme elle ferait d'une pierre à filtre ; pour peu que les joints soient imparfaits, la perte devient considérable. Le mal s'aggrave avec les fortes pressions.

Il n'y a presque pas de maçonnerie vraiment imperméable ; mais il arrive parfois qu'avec le temps les pores se colmatent et que la perméabilité diminue ; la circonstance se présente avec les bons tuyaux en ciment, à composition bien dosée.

Les ciments prompts de Grenoble ont donné des résultats satisfaisants dans quelques adductions d'eau importantes, même en conduites forcées ; on adopte dans ce dernier cas la section circulaire, mais pour les grands aqueducs à écoulement libre, on adopte la forme ovale, comme celle de la figure 1, planche 39, qui est la section de l'aqueduc d'amenée des eaux de Nice.

La section extérieure des tuyaux est limitée à deux bases horizontales.

Le dosage normal est le suivant :

	BÉTON	MORTIER
Ciment prompt.....	500 kilogrammes	750 à 800 kilog.
Sable.....	0 ^m ,500	0 ^m ,800
Gravier.....	0 ^m ,800	»
Produit.....	1 mètre cube	

Il faut, bien entendu, que le sable et le gravier soient d'excellente qualité et bien nettoyés.

L'épaisseur usuelle des tuyaux sans-pression est la suivante :

Diamètres :	0 ^m ,06	0 ^m ,15	0 ^m ,20	0 ^m ,25	0 ^m ,30	0 ^m ,50
Épaisseurs :	0 ,04	0 ,05	0 ,05	0 ,06	0 ,06	0 ,07

L'épaisseur E des tuyaux sous pression se calcule par la formule :

$$E = \frac{DH}{30}$$

le diamètre D et la hauteur H, mesurant la pression d'eau, sont exprimés en mètres comme l'épaisseur E. Celle-ci ne doit pas tomber au-dessous des limites posées ci-dessus.

La formule suppose que l'effort de traction qui tend à séparer le tuyau en deux suivant un plan diamétral est de 1^{er},5 par centimètre carré.

Le volume de béton ou de mortier employé par mètre linéaire de tuyau, en tenant compte du volume des joints, des triangles de base et de la perte dans le moulage, s'évalue par la formule empirique :

$$V = 3,20 (D + E + 0,01) (E + 0,01).$$

Comme évaluation approximative du prix de revient, on peut prendre 60 francs le mètre cube; ce chiffre peut être réduit pour les grands diamètres.

D'après cela, une conduite de 0^m,30 de diamètre, soumise à une pression de 10 mètres d'eau, aura une épaisseur de 0^m,10 et consommera un volume de 0^m,144 par mètre courant; elle coûtera donc 8^{fr},60, tandis que la conduite de fonte de même diamètre ne coûtera pas moins de 14 francs. La différence relative est beaucoup plus grande pour des diamètres plus élevés.

Les tuyaux de diamètre faible ou moyen sont moulés à l'avance avec bouts taillés en biseau; on rapproche deux bouts successifs, on les ajuste bien (*fig.* 5, pl. 39), en les calant, mais en laissant le joint dégagé; par l'ouverture libre du dernier tuyau on introduit un mandrin cylindrique en tôle E, dont on peut augmenter ou diminuer un peu le diamètre en faisant tourner son arbre central, ce qui permet de l'entrer et de le sortir facilement tout en l'appliquant sur le joint pour éviter les bavures intérieures; un moule en tôle C, cylindro-conique, formé de plusieurs segments à charnières, et libre à sa partie supérieure, limite la cavité que l'on remplit de ciment pour former le joint. Les abouts coniques ont été au préalable découpés et lavés.

Pour les diamètres importants, les tuyaux sont établis dans la tran-

chée même par portées successives, à l'aide d'un procédé analogue : mandrin intérieur, moule extérieur (*fig. 6*, pl. 39), le tout solidaire, et entre les deux parois on verse et on tasse le béton. Le joint est renforcé par un bourrelet et la lèvre conique du bout précédent est soigneusement décapée, nettoyée et lavée.

Le mortier éprouve, pendant les premiers jours qui suivent l'emploi, un certain retrait qui fendrait les tuyaux ; pour parer à cet inconvénient, on laisse tous les 5 ou 6 mètres une partie très mince (*fig. 7*, pl. 39), et on vient y faire un joint après une quinzaine de repos.

Le ciment est gâché dans une augette en bois, appelée gamate, portée sur les parois de la tranchée au-dessus de l'emplacement du tuyau et disposée pour basculer sur un axe horizontal en s'ouvrant par un bout ; on y mélange d'abord le sable et le ciment à sec, on ajoute l'eau, on triture le mortier à la truelle, on ajoute le gravier, on fait le mélange, puis on le déverse dans le moule.

Le moulage d'un bout de tuyau dure dix minutes ; il faut donc des ouvriers méthodiques et soigneux.

Lorsqu'on a à établir une longue conduite, on la divise en sections à chacune desquelles est affectée une équipe. La conduite de Ferrare, de 57 kilomètres de long et de 0^m,42 de diamètre, a été construite par 14 équipes qui faisaient chacune 20 à 25 mètres de longueur par jour.

Cette conduite, dont l'épaisseur était de 0^m,19 dans les parties soumises à une charge d'eau de 14 mètres, ne s'est rompue que sous une pression de 8 atmosphères ; elle ne travaille donc guère qu'à 1/6 de la charge de rupture.

Avec le ciment prompt de la Porte de France, on a établi des conduites résistant à des charges de 80 mètres d'eau. Nous pensons qu'il n'est pas bien prudent d'aller jusque-là, et qu'il vaut mieux réserver ces conduites pour les pressions faibles ou moyennes, dans les cas où l'on n'a pas de coups de bélier à craindre.

Il est à remarquer qu'avec le ciment on n'a pas à redouter les tubercules ferrugineux que certaines eaux engendrent dans les conduites en fonte, et que les conduites en ciment augmentent de résistance avec le temps. On cite une conduite exécutée en 1852 pour résister à une charge de 15 mètres d'eau, ayant l'épaisseur qui résulte de la formule, et qui ne s'est rompue que sous une charge de 135 mètres ; ce résultat est à rapprocher de celui de la conduite de Ferrare.

Le ciment de la Porte de France a été employé sur une grande échelle pour la distribution d'eau de Nice : 7 kilomètres d'aqueduc libre à section ovoïde, 875 mètres de conduite forcée de 0^m,70 avec charge de 2 à 18 mètres, 3 500 de conduite de 0^m,40 avec charge de 5 à 20 mètres, etc. Citons encore 3 kilomètres de conduite de 0^m,26 à

Annonay avec charge de 5 à 20 mètres ; la conduite d'aménée de Nîmes, diamètre 0^m,80, pression 10 mètres ; 33 kilomètres de conduites libres ou forcées pour la ville de Limoges ; les conduites d'Antibes, de Rennes, d'Arcachon, de Tournon, etc.

Conclusions sur les conduites en ciment. — Les conduites en mortier de ciment mal exécutées, composées d'un mortier mal dosé, ont donné lieu à quelques mécomptes et inspirent à beaucoup d'ingénieurs une certaine prévention. Il est bon de la combattre et, à cet effet, il convient de citer les applications qui ont été satisfaisantes.

1° A Grenoble, 24 kilomètres de conduites soumises à une pression de 12 mètres fonctionnent depuis quarante-six ans ; M. Thiervoz, directeur du service, déclare qu'elles ont toujours donné d'excellents résultats, et qu'avec le temps les tuyaux en béton de ciment acquièrent une résistance considérable ; une conduite calculée pour une charge de 12 mètres ne s'est déchirée, au bout de trente ans, que sous une charge de 135 mètres. M. Thiervoz attache une grande importance à la suppression des coups de bélier dans les conduites en ciment et à une mise en pression progressive ;

2° A Valence, 10 kilomètres de conduites, soumises à 12 mètres de charge, sont en très bon état après quarante-deux ans de service ;

3° A Bozel (Savoie), des conduites, soumises à 70 mètres de charge, fonctionnent parfaitement depuis quarante-quatre ans.

Nous citerons encore les certificats favorables délivrés en 1896 par les municipalités ou par les ingénieurs des bourgs et des villes ci-après :

Les Avenières, Isère, tuyaux établis en 1866 ; château de Schi-lienne, tuyaux de 0^m,10 de diamètre avec 0^m,07 d'épaisseur alimentant un jet d'eau de 27 mètres de hauteur (1859) ; commune de Morestel (Isère), pression de 40 mètres, travaux exécutés en 1851 ; Nice, Compagnie générale des Eaux, 20 kilomètres de conduite forcée ayant jusqu'à 30 mètres de charge, grand aqueduc à air libre, travaux exécutés de 1866 à 1869, résultats des plus satisfaisants d'après un certificat de M. Marchand (1881) ; Thonon, depuis 1858, les conduites, essayées à 45 mètres de pression, n'ont donné lieu jusqu'en 1896 à aucune réparation ; Autun, 7 kilomètres de conduites de 0^m,06 à 0^m,16 de diamètre, avec charge maxima de 20 mètres, sont en fonction depuis trente ans ; certificats très satisfaisants pour les conduites de Lus-la-Croix Haute, Isère (1856), de Saint-Donat (Drôme 1860), de Valréas (Vau-cluse 1868), charge 10 à 12 mètres, de Die (Drôme 1854), de Privas (Ardèche 1865), de Tain (Drôme 1860), d'Aubenas, 1863, d'Annonay (1860), de Monistrol-sur-Loire (1877), de Tournon (1883).

Les conduites en ciment peuvent donc rendre des services signalés

et il serait regrettable, par une suspicion non justifiée, de renoncer aux avantages et à l'économie qu'elles présentent.

Il ne faut pas les soumettre à des pressions exagérées, à moins d'en calculer l'épaisseur en conséquence, et alors elles peuvent cesser d'être économiques par rapport à la fonte, qui est arrivée, dans ces dernières années, à un prix minime.

Les conduites en ciment n'ont aucune flexibilité; il faut donc se garder de les établir sur un sol compressible et mouvant.

Elles exigent d'excellents ciments, du sable moyen bien lavé, de bon gravier résistant, une main-d'œuvre exercée et soigneuse.

Dans les réseaux des conduites en ciment, les parties faibles ou défectueuses se manifestent aux premiers essais; dès que les réparations sont faites, l'entretien est nul pour longtemps.

Les conduites en ciment sont indiquées pour les eaux susceptibles de donner des incrustations ferrugineuses. Elles ne sont pas attaquables par les courants électriques, circonstance avantageuse en bien des cas.

En revanche, elles ne se prêtent pas, comme la fonte, à des excès accidentels de charge ni à des coups de bélier; lorsque cela est à redouter, il faut les proscrire. De même, les conduites en ciment, posées en terrains boisés, offrent moins de résistance que les conduites en fonte à la pénétration des racines; elles se disloquent et s'obstruent alors plus facilement. Mais, en principe, il faut éviter de placer une conduite quelconque à proximité des plantations.

Expériences comparatives sur les tuyaux en terre cuite, grès, ciment. — En 1895, M. Gasio, ingénieur italien, a procédé à des essais comparatifs sur les tuyaux en ciment, terre cuite et grès. Voici, d'après la Technologie sanitaire, le résultat de ces essais :

Au point de vue de la résistance à la pression, les tuyaux en terre cuite sont les plus recommandables, ceux de petit diamètre sont presque équivalents aux tuyaux en métal; cependant, si l'on tient compte de leur extrême perméabilité, on ne peut les utiliser pour les distributions lorsqu'on a à redouter les infiltrations. Il faut en perfectionner le vernissage afin de supprimer la perméabilité sans diminuer la résistance. Il faut également se méfier des vernis, et y éviter l'introduction des sels nuisibles à la santé, bien que les sels de plomb ne semblent pas aussi dangereux qu'on pourrait le croire.

Les tuyaux en grès sont imperméables, mais moins résistants que la terre cuite; il ne faut pas les exposer à de grosses pressions ni à des coups de bélier.

Les tuyaux en ciment ont les avantages des deux autres, ils sont peu

perméables et suffisamment résistants ; ils s'améliorent avec le temps et leurs pores se colmatent.

Les tuyaux en poterie ou en ciment offrent toujours le danger d'un défaut de constance dans la fabrication ; dans un lot considérable, il est rare qu'il ne se trouve pas une série défectueuse, difficile à reconnaître à l'œil ; aussi est-il bon de déterminer la résistance normale de chaque pièce, comme on le fait pour les tuyaux en fonte.

Application du béton maigre de ciment au captage des eaux souterraines. — Nous avons signalé l'application du béton maigre faite par M. Viallet au filtrage des eaux de rivière ; le même système peut être adopté pour le captage par filtration des eaux souterraines.

Ainsi M. Viallet a établi pour la ville d'Épinal le tuyau de captage représenté par la figure 3, planche 39 ; la partie supérieure est en béton maigre très perméable, elle forme filtre ; la partie inférieure est en béton gras, elle forme collecteur.

Le dosage du béton maigre est de 200 kilogrammes de portland naturel de la Porte de France pour 1 mètre cube de gravier cassé à l'anneau de 0^m,04 ; le dosage du béton gras comprend, pour 1 mètre cube, 400 kilogrammes de portland naturel, 0^m,500 de sable et 0^m,800 de petit gravier.

Le béton maigre, composé comme ci-dessus, contient 36 0/0 de vide ; il constitue donc un excellent filtre.

Au contraire, le dosage du béton gras doit être tel que tous les vides du sable et du gravier soient remplis par le ciment ; pour y parvenir, il faut donc étudier le dosage dans chaque cas, d'après la nature du sable et du gravier dont on dispose.

Il paraît que les tuyaux de drainage ainsi constitués ont donné des résultats excellents.

4° TUYAUX EN FONTE

Les tuyaux en fonte sont les meilleurs ; mais, malgré l'abaissement continu du prix de la fonte, ils sont encore le système le plus coûteux. Fondus par morceaux atteignant d'ordinaire 4 mètres de longueur utile, ils présentent peu de joints ; ils sont très résistants et s'obtiennent facilement sous une forme parfaitement régulière ; tous les raccords, tous les coudes, sont fondus à l'avance et s'assemblent d'une manière pour ainsi dire mathématique, ce qu'on ne saurait obtenir avec les

autres systèmes; les joints sont faciles à garnir et à rendre étanches.

Toutes les fois donc que l'économie de premier établissement ne sera pas formellement imposée, on devra donner la préférence aux tuyaux en fonte surtout pour les conduites qui sont soumises à de fortes pressions et à des chocs, telles que les conduites ascensionnelles, pour celles qui sont contournées et changent fréquemment de direction.

Les divers systèmes de tuyaux en fonte ne varient que par le mode d'assemblage.

La longueur des tuyaux en fonte varie de 2^m,50 à 3 et 4 mètres, non compris le joint des tuyaux à emboîtement; celui-ci forme une saillie de 0^m,10, en sus de laquelle il faut compter un intervalle de 0^m,005 pour la dilatation. Les tuyaux doivent être coulés verticalement, pour que leur épaisseur soit uniforme et réduite au strict nécessaire.

Les trois systèmes d'assemblage les plus répandus sont : 1° l'assemblage à emboîtement; 2° l'assemblage à brides; 3° l'assemblage à bagues. En voici la description sommaire.

1° *Assemblages à emboîtement.* — L'assemblage à emboîtement est représenté par la figure 12, le joint non garni, et la figure 13 présente,

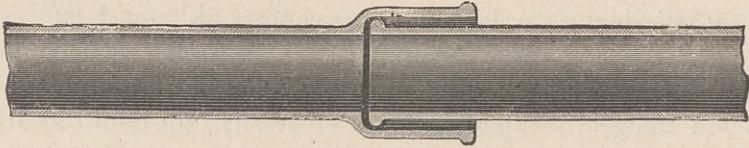


Fig. 12.

en demi-coupe longitudinale et demi-élévation, l'emboîtement d'un tuyau en fonte de 0^m,10 de diamètre.

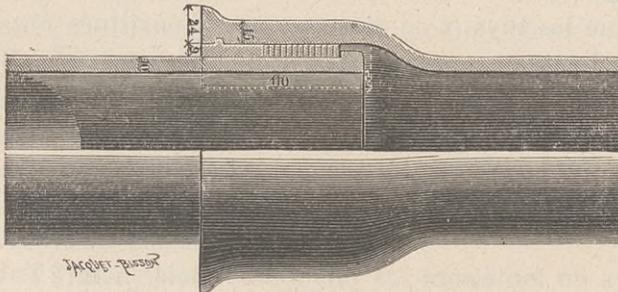


Fig. 13.

Pour former cet assemblage, après avoir placé le petit bout d'un tuyau dans l'emboîtement de l'autre, on remplit l'intervalle des deux parois avec de la corde goudronnée, qu'on fait pénétrer avec un ciseau à mater, jusqu'à ce qu'elle soit arrêtée par le filet qui termine le tuyau

intérieur. Quand elle est fortement comprimée, et qu'il ne reste plus à remplir qu'un intervalle de 0^m,04 de longueur jusqu'à l'extrémité du joint, on garnit tout le pourtour de ce joint avec un boudin d'argile plastique, et l'on réserve dans cette argile, à la partie supérieure, une sorte de godet pour y couler du plomb fondu, de manière à remplir tout l'espace resté libre entre les deux parois des tuyaux. Ce plomb doit être à une température assez élevée pour qu'il ne se refroidisse pas au contact de la fonte au point de se solidifier avant d'avoir rempli tout le vide du joint. On reconnaît que cette température est suffisante, quand une feuille de papier plongée dans le métal en fusion s'y enflamme. Le plomb, ainsi coulé, forme, entre la corde et le bourrelet de glaise, une bague continue qui ne peut plus être chassée par la pression de l'eau ; car on a ménagé à l'intérieur de l'emboîtement une rainure annulaire, qui maintient le métal en place, même après que, s'étant refroidi, il s'est détaché de la surface de l'emboîtement pour serrer la surface du tuyau intérieur. Quand le refroidissement a eu lieu, le bourrelet de glaise est enlevé, le plomb est comprimé, avec le ciseau à mater, dans le pourtour du joint, et celui-ci est par là rendu complètement étanche.

Il va sans dire que la confection de ces joints exige beaucoup de soin et de surveillance ; il faut notamment veiller à ce que l'épaisseur de l'anneau de plomb soit à peu près régulière et ne tombe pas à rien sur une partie du pourtour. Un petit outillage spécial rend le travail facile et régulier.

2° *Assemblage à brides.* — Cet assemblage (*fig. 14*), le seul employé autrefois, ne sert plus que pour la pose des robinets et appareils spé-

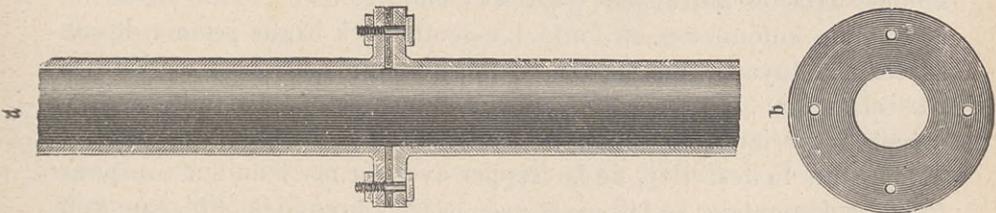


Fig. 14.

ciaux. Il permet de changer ceux-ci, sans que l'on soit obligé de couper les tuyaux. La bride est une saillie annulaire, réunie au corps du tuyau par un congé et une surépaisseur de quelques centimètres de longueur. Cette surépaisseur est nécessaire pour tenir compte des soufflures, qui se produisent souvent dans les coudes ; il faut les compenser par un surcroît de matière.

La face des brides est légèrement évasée et présente un fruit de

0^m,004 à 0^m,005, pour une longueur de 0^m,07 à 0^m,085. L'intervalle des brides est rempli par une rondelle en plomb, dont la section est également évasée ; cette disposition des brides et de la rondelle a pour objet, lorsqu'on serre les boulons qui complètent l'assemblage, d'empêcher le plomb comprimé de former à l'intérieur du tuyau un bourrelet saillant, gênant l'écoulement des eaux. On achève le joint en matant soigneusement la rondelle de plomb.

3^e *Assemblage à bagues.* — La figure 15 représente un assemblage à bagues pour tuyau de 0^m,10 de diamètre ; il consiste dans une bague

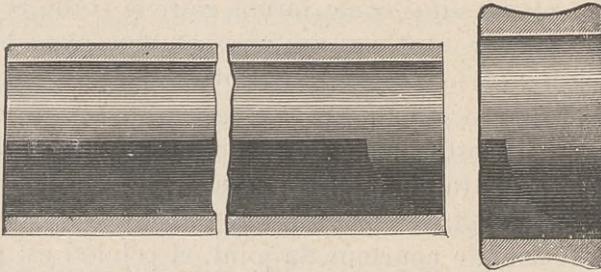


Fig. 15.

de 0^m,08 à 0^m,10 de largeur, que l'on passe sur le joint ; l'intervalle est rempli de plomb coulé et maté. Cette disposition n'est pas applicable aux tuyaux posés en terre ; les tassements auxquels ils sont exposés donneraient lieu à des fuites, mais elle est couramment employée dans les égouts et partout où les tuyaux se trouvent maintenus dans une position parfaitement fixe. On emploie pour cela, soit des consoles scellées dans les murs, soit, pour les conduites de 0^m,80 à 1^m,10 de diamètre, des colonnettes en fonte. L'assemblage à bague permet de conserver aux tuyaux une forme cylindrique sur toute leur étendue et, par cela même, d'utiliser tous les bouts de tuyaux, sans manchons ni raccords spéciaux. De plus, la bague étant légèrement conique, il suffit, pour la desceller, de la frapper avec un marteau sur son pourtour. Le démontage se fait ainsi avec la plus grande facilité, sans couper le tuyau et sans feu pour fondre le plomb, avantage précieux sur les tuyaux à emboîtement.

Mamelon de prise d'eau. — Afin de faciliter l'exécution des travaux de prise d'eau à faire sur les conduites pour donner de l'eau dans les maisons particulières, on fait venir de fonte sur tous les tuyaux, près de l'emboîtement, un mamelon de 0^m,08 de diamètre, dont la face extérieure est plane ; ce mamelon épaissit en ce point la paroi du tuyau de 0^m,005, et peut, quand il a été percé et taraudé, recevoir un robinet que l'on fixe en le vissant sur la conduite ; un cuir interposé entre

le collet adjacent au pas de vis et la face plane du mamelon rend le joint très imperméable.

Les tuyaux de fonte sont préservés de l'oxydation au moyen d'un enduit de coaltar.

Tuyaux à joints forcés. — Les tuyaux à joints forcés, peu usités en France, le sont beaucoup plus en Angleterre. Les grandes usines de Glasgow, merveilleusement outillées, fabriquent jusqu'à 30 tonnes par jour de tuyaux d'un modèle parfaitement régulier.

Chaque tuyau (*fig. 16*), porte un bout mâle et un bout femelle ; le bout mâle présente une surface légèrement conique, parfaitement tour-

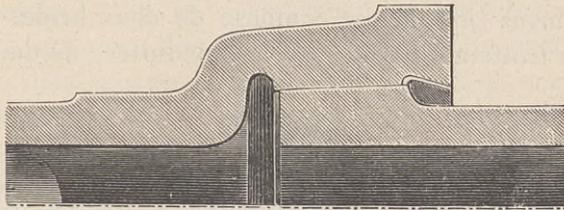


Fig. 16.

née, et le bout femelle une surface conique égale, parfaitement alésée. Le contact de ces deux surfaces, pressées l'une contre l'autre par quelques légers coups de marteau, suffit pour assurer un joint parfaitement étanche.

Ce joint n'est pas coûteux et se fait en un instant ; s'il se produit quelque fuite, elle est sans importance.

L'inconvénient est dans la rigidité du système, qui exige une pose des plus soignées.

Joint sphérique ou à rotule. — Ce joint sphérique (*fig. 10*, pl. 39) est nécessaire lorsqu'on veut établir une file de tuyaux possédant une certaine flexibilité, lorsqu'il s'agit par exemple d'immerger une conduite dans le lit d'une rivière.

Il est clair que ce joint demande à être établi avec précision, si l'on veut obtenir une étanchéité parfaite ; il faut que les deux surfaces sphériques en contact soient exactement rodées, afin qu'aucune fuite ne se produise. Une bride en caoutchouc logée dans une rainure triangulaire, ménagée entre les deux brides de la sphère extérieure, complète l'occlusion.

Ce type est du système Badois ; le prix en est très variable suivant les circonstances de la pose. Ainsi il faut compter à une centaine de francs au moins le mètre courant d'une conduite de 0^m,30 traversant

une rivière comme l'Oise ou la Seine, non compris la préparation de l'emplacement. Il est clair que le prix diminue avec la longueur, puisque les frais d'outillage et d'installation sont proportionnellement moindres.

Joints au caoutchouc. — Pour éviter les fuites quelquefois considérables qui se produisent toujours aux joints des tuyaux, on a eu l'idée de substituer au chanvre goudronné et au plomb une matière plus élastique, épousant mieux toutes les aspérités et se prêtant même à certaines déformations ; nous voulons parler du caoutchouc.

Nous indiquerons rapidement les types les plus connus de joints au caoutchouc.

Le *joint Marini* (fig. 17) se compose de deux brides mobiles *a, b*, s'engageant à frottement doux sur les conduites, de deux cordes cir-

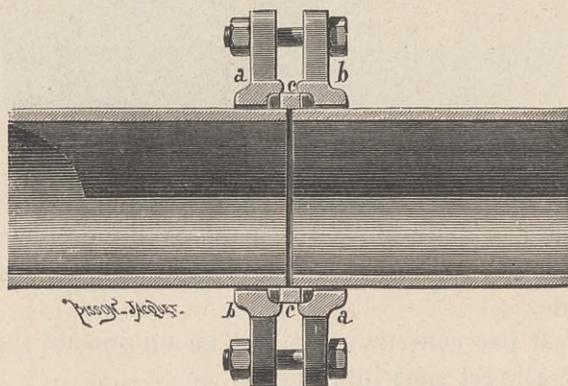


Fig. 17.

culaires en caoutchouc accolées à ces brides et d'une bague en fonte *cc*, ou couvre-joint de 0^m,03 de largeur. On engage sur chaque tuyau une bride avec son caoutchouc, on place le couvre-joint, puis on rapproche les brides et on opère le serrage des boulons ; le caoutchouc pénètre dans tous les interstices, et l'on obtient un joint tout à la fois étanche et flexible. Ce joint n'est plus guère usité ; il devait être trop sensible aux déformations et manquait de flexibilité.

Le *joint Delperdange* a été vivement recommandé par M. Masquelez, qui en a fait grand usage à Lille et à Valenciennes ; ce joint a donné environ vingt fois moins de fuites que le joint au plomb. — Les fuites les plus sérieuses, dit-il dans son ouvrage sur la distribution d'eau de Lille, ont eu lieu à des joints à brides boulonnées et au plomb ; « les petits accidents arrivés à des extrémités de conduites, momentanément interrompues pour aller en exécuter d'autres, s'ex-

pliquent parfaitement par des coups de bélier, qui ont disparu depuis que nous avons pu fermer tous les circuits, ainsi qu'on doit le faire dans tout réseau bien combiné, non seulement pour équilibrer les pressions et faciliter l'alimentation des grands consommateurs, mais encore pour éviter les dépenses d'eau et d'appareils qu'il faudrait accepter, dans le cas du maintien d'un certain nombre de terminus, en vue d'empêcher l'eau d'y devenir insalubre à cause de sa stagnation. »

Des expériences précises ont constaté que :

« 1° Une conduite résistait à une pression de 16 atmosphères, sans manifester aucune fuite ; 2° que des bagues en caoutchouc, employées depuis quatre ans sous une pression de 7 atmosphères, étaient parfaitement conservées ; 3° qu'en recouvrant le joint d'un lut protecteur, on obtiendrait une garantie pour la conservation du caoutchouc et du collier en fer, dont la durée en bon état formait la seule inconnue ; 4° que la célérité de la pose ne laissait rien à désirer, en raison de l'extrême malléabilité du joint ; 5° que l'élasticité était très avantageuse dans les sols peu résistants ; 6° enfin, qu'on pourrait réaliser

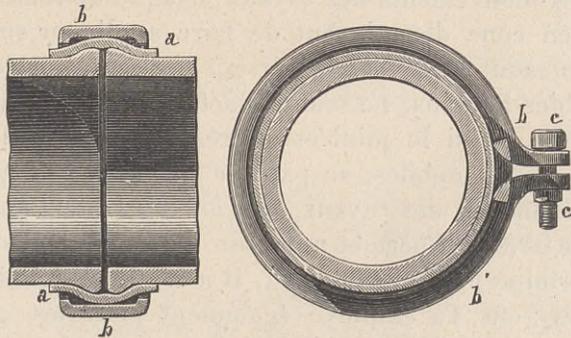


Fig. 18.

une économie suffisante pour faire face, en cas d'insuccès, au emploi des tuyaux avec des manchons fixés au plomb. »

L'altération du caoutchouc dans le sol semble être surtout le résultat de la qualité insuffisante du produit mis en œuvre ; car on sait que les soupapes et pistons en caoutchouc font un excellent service dans les pompes d'épuisement.

Le lutage au brai de goudron du collier isole non seulement le collier, mais encore la bague en caoutchouc, de l'humidité et des influences délétères qui peuvent tenir à la nature même du terrain.

L'avantage du joint Delperdange est de permettre un démontage facile ; avec les emboîtements, il faut briser le premier tuyau qu'on enlève, et généralement on les déforme ; les tuyaux à joint Delper-

dange, lorsqu'ils sont devenus d'un trop faible diamètre, peuvent être démontés et reportés sur une autre artère de moindre importance.

La figure 18 représente le joint Delperdange ; les deux tuyaux voisins sont aboutés et présentent un renflement d'extrémité sur lequel s'applique et se moule la bague en caoutchouc *aa* ; sur la bague en caoutchouc on pose le collier en fer *bb*, auquel on fait subir un serrage convenable au moyen de l'écrou *cc*.

Les joints au caoutchouc sont donc excellents lorsque cette matière est bien préparée ; malheureusement, il est très difficile d'avoir du caoutchouc vulcanisé parfaitement homogène : trop vulcanisé, le caoutchouc devient cassant : vulcanisé d'une manière insuffisante, il se décompose peu à peu.

Le *joint universel Gibault* (fig. 6, pl. 38) est à peu près identique au joint Marini, mais beaucoup plus solide et se prêtant davantage aux déformations.

Une bague centrale en fonte A s'emmanche sur les extrémités des deux tuyaux avec un jeu assez sensible, et l'intérieur en est évidé pour permettre les mouvements des tuyaux ; chaque extrémité de la bague est coupée en cône dans le but de faire appliquer sur le tuyau les rondelles en caoutchouc B que serrent les contre-bridés en fonte C, réunies par des boulons. Le seul contact a lieu par les deux rondelles en caoutchouc, aussi le joint est-il très élastique et flexible ; il convient aux terrains mobiles, au passage des ponts métalliques ; il se prête à la dilatation des tuyaux, car on laisse de l'un à l'autre un intervalle de 0^m,01 ; il permet une pose rapide et peut même être fait dans une certaine profondeur d'eau. Il a été établi à Roanne, Mézières et Commercy ; on l'a employé également pour les grands tuyaux en tôle d'acier de 1^m,50 de diamètre de la dérivation de la Vigne.

Le *joint Lavril* (fig. 12, pl. 39) est celui qui a reçu le plus d'applications. Dans le dernier modèle, on a remplacé par une seconde contre- bride les anciennes oreilles de l'un des bouts ; ces oreilles se rompaient souvent dans le transport ou pendant la pose. D'autre part, le serrage des boulons est facilité, parce qu'on peut toujours ramener à la partie supérieure l'écrou à serrer, sauf pour les derniers coups de clef.

Le *joint Somzée* est le plus simple de tous et le plus économique, car il peut s'appliquer aux tuyaux ordinaires à cordon et emboîtement et n'exige pas de tuyaux brevetés.

La figure 11, planche 39, en fait comprendre le montage ; le levier de traction se termine à sa base par une fourche demi-circulaire, qui prend son appui sur le renflement du tuyau précédent. Il semble

que ce système ne peut inspirer une grande sécurité pour les fortes pressions.

Malgré leurs avantages réels, les joints en caoutchouc n'inspirent généralement pas aux ingénieurs et constructeurs une confiance absolue, et on leur préfère presque toujours le vieux joint au plomb. On redoute de tomber sur un caoutchouc défectueux et altérable, attaquant le fer à la longue et transformant le joint en un paquet de rouille.

Il faut reconnaître cependant qu'on cite à leur actif de nombreuses expériences favorables.

Ainsi, à Coulommiers, M. Thanneur a fait déposer, en 1880, plusieurs kilomètres de conduites en fonte de petit diamètre, ayant quinze ans d'existence, avec joints en caoutchouc *système Lavril*, « sans qu'on ait pu y constater la moindre fuite, dit-il, ce qui prouve beaucoup en faveur de ce système de joint, que Belgrand déclarait d'ailleurs bon pour l'eau de rivière comme pour l'eau de source et qui, facile à exécuter même dans l'eau, donne les plus grandes commodités pour les réparations; partout où le caoutchouc était altéré, il était remplacé par une composition ferrugineuse assurant parfaitement l'étanchéité du joint. »

Prix et poids des tuyaux en fonte. — Les renseignements relatifs à la pose et au prix des conduites en fonte sont donnés en appendice à la fin de l'ouvrage.

Résistance des tuyaux. — Nous avons donné dans le tome I les formules qui permettent de calculer la résistance d'un tuyau ou d'une sphère.

Si h est la charge du fluide intérieur exprimée en kilogrammes par mètre carré et d le diamètre du tuyau, la force qui tend à séparer en deux parties égales, suivant un plan diamétral, un bout de tuyau d'un mètre de long, est égale en kilogrammes à hd .

La surface résistante de métal est représentée par $2e$, e étant l'épaisseur du tuyau, et, si R est la tension maxima qu'on veuille imposer à la matière par mètre carré de surface, l'épaisseur e résultera de l'équation

$$hd = 2R.e.$$

Admettons pour la fonte une charge de rupture à la traction de 12 à 14 kilogrammes par millimètre carré; avec le coefficient de sécurité $1/10$, nous pourrions imposer une charge de $1^{\text{kg}},2$ par millimètre carré, et il en résultera, par exemple, pour un tuyau de $0^{\text{m}},50$ soumis à une pression de 8 atmosphères ou 80 000 kilogrammes par mètre carré une épaisseur de 17 millimètres.

C'est une épaisseur suffisante, qu'on n'adoptait pas autrefois, parce qu'on pensait qu'elle pouvait conduire à un mauvais moulage et donner des tuyaux défectueux.

Pour les tuyaux en fonte coulés debout, on a proposé la formule:

$$e = 0,0016n.d + 0,008,$$

dans laquelle n désigne la pression normale exprimée en atmosphères; si nous l'appliquons à l'exemple précédent, nous trouvons

$$e = 0^m,0144.$$

C'est cette formule qu'on applique à Paris, en y faisant n égal à 15, c'est-à-dire en supposant que les tuyaux peuvent éprouver des pressions de 15 atmosphères, et c'est à ce taux qu'on les essaye.

Dans les cas ordinaires, on peut se contenter de calculer la pression maxima à 10 atmosphères; il en résulte les épaisseurs suivantes:

DIAMÈTRES	ÉPAISSEUR	DIAMÈTRES	ÉPAISSEUR	DIAMÈTRES	ÉPAISSEUR
mètre	millim.	mètre	millim.	mètre	millim.
0,10	9,25	0,30	12,25	0,60	17
0,15	9,75	0,35	13,25	0,80	19
0,20	10,25	0,40	13,50	1,00	21
0,25	11,25	0,50	15,00	1,10	24

Pour une bonne fabrication, on ne peut guère descendre au-dessous de ces chiffres.

Il est à remarquer qu'à pression égale les Américains emploient des tuyaux de fonte plus épais que les nôtres; peut-être la fabrication en est-elle moins soignée ou sont-ils exposés à des coups de bélier plus violents.

Il est indispensable de prescrire, dans les devis, que les tuyaux en fonte seront coulés debout; c'est le seul moyen d'obtenir une bonne fabrication. Cette manière d'opérer est, du reste, devenue la pratique courante de toutes les bonnes usines.

Il ne faut pas non plus rechercher une diminution sensible des épaisseurs de fonte. Au prix actuel de la fonte, l'économie n'est pas grande et tout le reste de la dépense reste la même. Les tuyaux minces sont beaucoup plus exposés aux ruptures par choc et donnent moins de sécurité.

Goudronnage ou asphaltage des tuyaux en fonte ou en fer. — La surface de la fonte ne doit jamais rester à nu, car la rouille

l'attaquerait rapidement et il s'y formerait des incrustations ; d'où obstructions et mises hors de service. Le nettoyage à la brosse et le grattage n'empêchent pas le retour de ces inconvénients, et, du reste, les poussières entraînées dégradent les appareils. Le remède consiste dans un goudronnage ou un asphaltage soigné, obtenu par immersion à chaud, de manière à recouvrir toute la surface.

On a signalé dans les derniers temps la destruction rapide de tuyaux en fonte produits par les courants dérivés de *transmissions électriques* passant dans le voisinage ; tels les courants de retour des tramways électriques.

Machines à essayer les tuyaux. — Les tuyaux s'essayent, comme les chaudières à vapeur, au moyen d'une pompe comprimant l'eau jusqu'à une pression déterminée. Les essais au moyen d'un gaz comprimé sont évidemment inadmissibles à cause de la force expansive du gaz ; si l'appareil essayé venait à se rompre, les débris, projetés avec violence, pourraient causer les plus graves accidents.

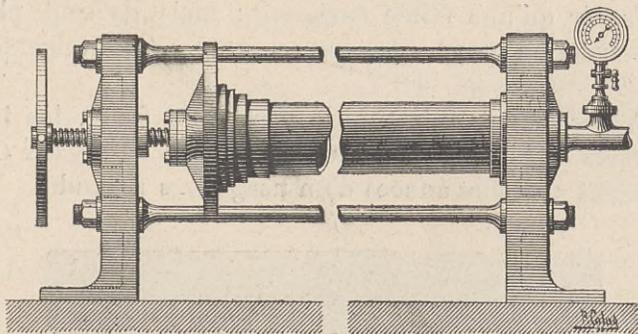


Fig. 19.

Avec l'eau comprimée, rien de pareil n'est à craindre ; l'appareil essayé peut se crever et se briser, mais la pression de l'eau tombe instantanément dès qu'elle est au contact de l'air ; l'eau manque de ressort et il n'y a point de projection à craindre.

La figure 19 représente une machine à essayer les tuyaux : le tuyau est fortement serré entre deux plaques verticales en fonte, l'une fixe, l'autre mobile, maintenues par des tirants en fer ; entre les tuyaux et les plaques sont interposés des matelas en cuir maintenant les joints étanches. Le tuyau est rempli d'eau au moyen de la pompe foulante, et l'air s'échappe par un petit trou qu'on ferme ensuite avec une cheville.

Avec la presse hydraulique ou avec une vis à roue-manivelle, on

détermine une pression croissante, dont le maximum dépend de la position du contrepoids de la soupape ; quand le maximum est atteint, la soupape s'ouvre et la pression tombe instantanément.

Quelquefois, le tuyau se crève ; quelquefois il livre passage à des jets d'eau ou à des suintements considérables, ce qui indique des soufflures. Alors il convient de le rejeter.

Les conduites, mises en place, sont de même essayées par sections à l'aide de la presse hydraulique ; on remplit d'eau la section, en ayant soin d'en expulser tout l'air, puis on agit sur la pompe de compression et l'on suit sur un manomètre la variation des pressions. Quand la limite fixée est atteinte, la pression doit se conserver, du moment qu'il n'y a pas de fuites dans les tuyaux ni dans les joints.

5° TUYAUX EN TÔLE DE FER OU D'ACIER

Les tuyaux en fer sont avantageux pour les petits diamètres ; ils peuvent n'avoir qu'une faible épaisseur ; mais ils sont plus sujets encore à l'oxydation que les tuyaux en fonte, et sont bientôt criblés de trous.

Malgré l'abaissement qu'a subi le prix de la fonte, les tuyaux en tôle recouverte de bitume, connus sous le nom de *tuyaux Chameroy*, ont été pendant quelques années d'un usage très répandu.

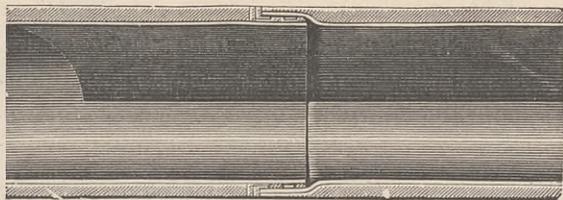


Fig. 20.

Ces tuyaux, de 4 mètres de longueur, sont formés d'une feuille de tôle cintrée, rivée et soudée suivant une génératrice du cylindre. Ils sont plombés à l'intérieur et préservés par une couche de vernis ou bitume minéral et cire ; à l'extérieur, la tôle est recouverte d'une couche de bitume de 0^m,01 à 0^m,02 d'épaisseur ; pour déterminer l'adhérence de l'asphalte et de la tôle, on enroule autour de celle-ci une corde de chanvre.

A l'origine, pour opérer l'assemblage de deux tuyaux consécutifs, on appliquait sur le bout mâle un pas de vis en métal fusible et on

taraudait sur le bout femelle un pas de vis semblable ; on garnissait avec du chanvre et on obtenait un joint étanche, mais coûteux et rigide.

On applique maintenant un joint à emboîtement précis. Le bout mâle et le bout femelle sont enduits d'un métal fusible ; le bout mâle porte quelques rainures circulaires peu profondes, dans lesquelles on enroule des brins de filasse imprégnés d'une graisse formée d'axonge et de poudre de plombagine très fine. Toute la bague est frottée de cette même graisse ; en poussant les deux tuyaux l'un dans l'autre, au moyen d'un levier, on obtient un emboîtement précis et un joint étanche.

Le vernis intérieur, bitume minéral et cire, forme une couche de 1 à 2 millimètres d'épaisseur ; l'enduit extérieur s'applique en étendant le bitume sur une table en fonte saupoudrée de gravier, puis on roule le tuyau en tôle, garni de chanvre, comme nous l'avons dit, et le bitume y adhère. A la surface restent les grains de gravier incrustés dans la pâte.

Les prises d'eau sont difficiles à obtenir sur place, dans de bonnes conditions, avec les tuyaux de ce genre ; il convient de les prévoir et de préparer à l'avance les tubulures.

Les tuyaux Chameroÿ conviennent moins pour les distributions d'eau que pour les conduites de gaz ; il ne faut guère les employer qu'en ligne droite et sous des pressions modérées. L'abaissement du prix de la fonte a, du reste, sensiblement réduit l'économie qu'ils permettaient de réaliser. Voici le prix de ces tuyaux au mètre courant, pose non comprise :

TUYAUX BITUMÉS		TUYAUX GALVANISÉS	
DIAMÈTRES	PRIX	DIAMÈTRES	PRIX
millimètres	francs	millimètres	francs
35	2,05	50	3,15
42	2,30	60	3,35
54	2,65	75	4,30
68	3,05	80	4,50
81	3,75	100	5,95
108	5,25	125	6,95
135	7,05	150	8,00
162	8,85	175	9,45
189	10,45	200	12,00
216	12,45	225	13,50
244	14,75	250	16,80
271	17,00	275	18,25
300	19,30	300	20,35

Pour les petits diamètres jusqu'à 100 millimètres, les tuyaux en fer s'obtiennent à l'aide de tôles soudées par rapprochement avec joints taraudés, et l'assemblage se fait par manchons à double pas de vis. On

fait aussi des tubes étirés. Ces tubes servent quelquefois pour la distribution intérieure, mais ils ont surtout leur application dans les forages pour puits artésiens et aussi pour les puits instantanés dont le nombre va sans cesse croissant.

Le diamètre pratique des tuyaux en fonte ne dépasse guère 1^m,20 ; encore arrive-t-on à des poids considérables ; au delà il vaut mieux recourir à des tuyaux en tôle de fer ou d'acier avec rivures longitudinales et transversales ; celles-ci sont à un seul rang de rivets ; elles travaillent peu ; les rainures longitudinales, au contraire, sont à deux rangs de rivets. Les assemblages se font à recouvrement.

On a ainsi posé, pour l'adduction des eaux de la Vigne (*fig. 9, pl. 39*) 3 500 mètres de tuyaux en tôle d'acier de 1^m,50 de diamètre, dont l'épaisseur est de 8, 10, 12 millimètres pour les charges inférieures à 50 mètres, de 50 à 70 mètres, de 70 à 80 mètres. Ces tuyaux ont été préparés par bouts de 6 mètres comprenant cinq rondelles rivées et terminées par deux viroles soudées de 0^m,20 de longueur ; ces deux viroles correspondent au joint, et le joint est à caoutchouc, système Gibault.

Ce grand tuyau est logé dans une galerie maçonnée et repose sur des supports en fonte à assise circulaire ; l'entrepreneur a créé un système de chevalets à treuils pour la descente des tuyaux en galerie et le transport se faisait dans la galerie même par un petit chemin de fer avec locomotive électrique.

Nous n'avons pas à insister sur ces travaux exceptionnels.

Les tuyaux en tôle sont adoptés pour les siphons intercalés sur les grands aqueducs à la traversée des vallées. Il y a alors à parer au danger possible de la dilatation ; il faut laisser à cet effet un jeu à la conduite sans nuire à l'étanchéité ; avec le joint Gibault, ce jeu existe, mais on ne le trouverait pas sur une conduite continue ou munie d'assemblages à brides. Aussi ménage-t-on alors sur la conduite plusieurs soufflets, ou renflements de la tôle en forme d'anneaux ou de tores d'un plus grand diamètre ; ces soufflets assurent le libre jeu de la dilatation, on les a pratiqués notamment au canal du Verdon.

En résumé les tubes en fer ou en tôle ne sont pas d'un usage courant dans les distributions d'eau.

6° TUYAUX EN CIMENT ARMÉ OU SIDÉRO-CIMENT

Les ouvrages en *ciment armé* ont pris dans ces dernières années une assez grande extension. On désigne ainsi des ouvrages composés d'un squelette en pièces de fer ou d'acier noyé dans un béton de

ciment ; généralement le squelette se compose d'un treillis à mailles rectangulaires plus ou moins serrées. On a d'abord appliqué le système à des ouvrages simples, tels que des bacs et des auges, puis on l'a étendu aux tuyaux sous-pression et aux grands réservoirs.

Un Français, M. Monier, l'a inventé il y a déjà longtemps et c'est sous son nom qu'on le désigne à l'étranger.

Deux circonstances sont favorables à l'union du fer et du ciment : 1° leur coefficient de dilatation est à peu près le même : 0,0000143 pour le ciment, 0,0000119 pour le fer, on n'a donc pas à craindre les déchirements dus à des dilatations différentes ; 2° le ciment prend sur le fer une grande adhérence, ce qui fait que, malgré leur différence d'élasticité, ils se répartissent le travail imposé à la section entière et se prêtent un mutuel concours.

La difficulté est de savoir comment s'effectue cette répartition du travail entre les deux matières associées, c'est le défaut général des pièces armées et ce qui en rend le calcul pratique très délicat. Il faudrait que les deux matières eussent le même coefficient d'élasticité pour se suivre librement dans toutes les déformations, et alors on s'arrêterait à la déformation pour laquelle est atteint l'effort maximum à imposer à l'une des deux matières. — Les deux coefficients d'élasticité du fer et du ciment sont notablement différents ; celui du fer est environ 20×10^9 et celui du ciment, quoique variable suivant les cas, serait en moyenne de $4,55 \times 10^9$; celui du béton de ciment peut même tomber au tiers de ce chiffre. Il est donc certain que, dans l'association, le ciment ne travaille pas comme s'il était seul ; il y a, du reste, des variations considérables dans la résistance des mortiers de ciment, suivant les soins et les procédés apportés à la confection, et cette résistance varie avec le temps ; elle ne prend toute sa valeur que longtemps après la fabrication des pièces.

Si on ne considère que les coefficients d'élasticité du fer et du ciment, on doit penser que, du moment où le fer travaille à la valeur admise d'ordinaire dans la pratique, le ciment, s'il le suit exactement dans son mouvement, doit avoir dépassé sa limite d'élasticité.

Nous le répétons donc, le calcul mathématique des constructions en ciment armé est très difficile. Le lecteur pourra consulter à ce sujet les *Recherches sur la théorie des ciments armés* de M. Planat et les *Expériences des ingénieurs autrichiens* sur la résistance des voûtes de tout genre, publiées par la *Revue technique*.

Nous n'avons heureusement à nous occuper ici que de la construction la plus simple : le cylindre en ciment armé, dont on fait des tuyaux ou des réservoirs cylindriques.

Or, tout le monde est d'accord que le tuyau en ciment armé ne

peut inspirer de sécurité que si l'on calcule l'ossature métallique de telle sorte qu'elle puisse résister seule à l'effort maximum, le ciment n'est alors considéré que comme une enveloppe ; tant mieux s'il apporte un surcroît de résistance.

Mais, dira-t-on immédiatement, pourquoi introduire le ciment si le fer seul peut faire face à tout l'effort? Pourquoi faire une dépense inutile ? La réponse est bien simple : considérons une conduite en acier de 0^m,50 de diamètre, soumise à une pression de 2 atmosphères ; on peut faire travailler l'acier à 7 kilogrammes au moins par millimètre carré, et la formule donnée plus haut, indique alors pour l'épaisseur du métal 7 dixièmes de millimètre. Un pareil tuyau s'affaisserait sur lui-même, s'aplatirait sous la pression extérieure et ne tarderait pas à périr.

Si au contraire on répartit le métal en quelques spires, formant l'âme du tuyau et noyées dans le mortier de ciment, on obtient un cylindre résistant. Ce système, adopté par plusieurs constructeurs, a reçu de M. Bordenave le nom heureux de *sidéro-ciment*.

Il emploie de bons aciers et, comme ces aciers sont de petite section, leur résistance est plus grande encore ; il les fait travailler à 15 kilogrammes par millimètre carré, c'est-à-dire que dans la formule :

$$h.d = 2R.e,$$

il prend pour R la valeur

$$15 \times 10^6.$$

L'épaisseur e étant déterminée, elle donne par cela même la section totale des spires qui doivent exister dans 1 mètre courant d'ossature, et permet de déterminer le nombre de ces spires, eu égard à la section des pièces employées.

Les premiers constructeurs de ciment armé se contentaient d'employer pour l'ossature de *simples fers ronds* ; on avait donc un canevan à larges mailles, et les fers étaient réunis à leurs points de rencontre par une ligature en fil de fer. Ce système offre un inconvénient : le fer rond n'a pas de résistance transversale, et l'ossature d'un tuyau, soumise à son propre poids ou chargée de porter la carapace en ciment qui n'a pas fait prise, se déforme et s'affaisse ; la carapace se disloque. Il n'est donc pas étonnant qu'avec ce système on ait eu à regretter, à l'origine, la ruine de conduites et de réservoirs en ciment armé. Il faudrait que, dans ce cas, la construction fût et demeurât cintrée jusqu'à la prise complète du mortier.

M. Bordenave a substitué aux fers ronds des fers double T placés

normalement à la surface du cylindre ; ces fers, ou plutôt ces aciers, ont de 8 à 26 millimètres de hauteur et pèsent de 119 à 817 grammes le mètre courant. Ils ne sont pas posés sous forme de cercles isolés qui restent nécessairement un peu dissemblables comme forme et comme tension, mais sous forme d'une hélice dont le pas est proportionné à la résistance qu'on veut obtenir. Cette hélice, obtenue mécaniquement avec des barres aussi longues que possible, est bien régulière sous tous les rapports. Des pièces longitudinales assurent la liaison de toutes les spires, dont le rapprochement est augmenté aux extrémités de chaque bout de tuyau.

La carapace en ciment est moulée debout, et un chantier spécial, avec plate-formes roulant sur voie ferrée circulaire, permet de mener l'opération avec méthode et rapidité.

Les bouts de tuyau s'assemblent par bagues de même composition.

La figure 8, planche 39, montre l'ossature d'un tuyau de 0^m,40. On en voit d'un autre système sur les figures 5 et 4 de la planche 31.

L'épaisseur de la carapace en ciment est bien inférieure à celle que nous avons calculée plus haut pour les tuyaux non armés. Ainsi à Bône, la conduite de 0^m,60 de diamètre intérieur et de 28 kilomètres n'a qu'une épaisseur de :

0 ^m ,04	pour la pression de 15 mètres	
0 ^m ,04	20 —
0 ^m ,043	23 —

Il est clair qu'avec cette épaisseur réduite les tuyaux en sidéro-ciment sont relativement légers et maniables. Ils peuvent être posés et mis en travail quelques jours après leur confection.

L'inventeur ajoute à ceux que nous venons de signaler les avantages suivants : le ciment durcissant avec le temps, les tuyaux en sidéro-ciment gagnent de la résistance en vieillissant ; ils sont inattaquables aux effets destructeurs qui parfois rongent en peu de temps le fer et la tôle ; grâce à la présence de l'ossature métallique qui fractionne la masse en petits cadres, le retrait du ciment ne s'exerce pas comme dans les tuyaux non armés, et l'on évite ces fissures qui ont été parfois funestes aux tuyaux ordinaires en mortier de ciment ; le métal ossature se conserve indéfiniment dans le ciment qui l'enveloppe ; on n'a pas à craindre la production des concrétions et tubercules ferrugineux qui obstruent certaines conduites ; les avaries accidentelles sont faciles à réparer ; du reste, en cas d'avarie, il y a déchirure et non rupture complète, comme dans une conduite en fonte, et le danger est moindre ; l'emploi du sidéro-ciment donne une économie de 15 à 45 0/0 sur la fonte ou la tôle ; la forme cylindrique des tuyaux, sans saillie, permet de les rouler et de les mettre en place sans danger de rupture.

Parmi ces avantages, il en est un certain nombre qu'on peut invoquer également pour d'autres systèmes.

Parmi les applications du sidéro-ciment, nous citerons :

1° Une conduite de 0^m,80, 6 500 mètres de long, 7 mètres de charge, exécutée à Venise pour la Compagnie générale des Eaux. La perte d'eau par infiltration, qui était d'abord de 195 litres par minute, est tombée au bout de quelques jours à 71 litres et quelques mois après à 8^{lit},66. L'épaisseur du tuyau est de 0^m,037 ;

2° Conduite avec siphons, à Bône, diamètre 0^m,60, longueur 5 600 mètres, pression 9 à 25 mètres. Il y eut, au début de l'exploitation, de grosses pertes tenant à des malfaçons, à des joints défectueux. « Les pertes par suintement, considérables au début, vont constamment en diminuant au fur et à mesure que les pores du ciment se colmatent et que les tuyaux tendent vers une étanchéité complète. Le travail qui se produit dans le ciment paraît toutefois assez lent, et il faudra probablement un an ou un an et demi avant que l'étanchéité soit absolue. »

3° A Alfortville, pour les eaux-vannes, conduite de 0^m,50, longueur 4 880 mètres, charge de 8^m,70 à 24 mètres. Sur une section de 1 575 mètres avec charge de 5^m,80, la perte de 5^{lit},5 à la minute tombait le lendemain à 4^{lit},8 et 2 jours après à 2^{lit},76.

D'autres constructeurs adoptent des dispositifs analogues à ceux de M. Bordenave.

Les *tuyaux de M. Bonna*, adoptés en partie pour la conduite de 1^m,80 amenant les eaux-vannes de Paris dans la plaine d'Achères, sont formés d'une ossature métallique en tiges d'acier ayant une section en croix et non une section en double T ; ces tiges forment les spires d'une hélice, maintenues par des barres longitudinales, c'est-à-dire placées suivant des génératrices du cylindre, et les barres longitudinales sont repoussées vers l'extérieur par des frettes circulaires internes. — Le tout est noyé dans un mortier de ciment ; les spires sont calculées pour résister seules à la pression, l'acier travaillant à 12 kilogrammes par millimètre carré. Lorsque la charge d'eau dépasse 15 mètres, M. Bonna garnit son tube à l'intérieur avec un autre tube en tôle très mince, dont le rôle consiste uniquement à empêcher les filtrations et à assurer l'étanchéité du vase. Ayant à projeter une conduite d'amenée de 0^m,50 de diamètre et de 27 kilomètres de long, nous avons demandé des propositions à M. Bonna qui nous a indiqué le prix de 25 francs du mètre courant ; il faudrait compter 30 à 35 francs pour une conduite en fonte.

Un tuyau système Bonna, de 0^m,50 de diamètre, armature hélicoïdale noyée dans une épaisseur de 35 millimètres de mortier de ciment,

avec tube intérieur en tôle d'acier de 1 millimètre d'épaisseur, rivé suivant une seule génératrice, avait été calculé pour résister à une hauteur d'eau de 20 mètres, avec une tension maxima de 8 kilogrammes par millimètre carré de la section du tube en tôle. On a poussé la pression jusqu'à une hauteur d'eau de 125 mètres et on a constaté seulement un léger suintement le long de la rivure. Après l'expérience, on coupa le tuyau et on constata que l'enveloppe en ciment était restée adhérente au mortier et que l'ensemble était demeuré intact.

Il résulte de cet exposé que les conduites armées en fer ou en acier et mortier de ciment peuvent être avantageusement et économiquement employées en certains cas ; mais elles exigent beaucoup de soins dans l'exécution et dans la pose. Lors donc qu'on les emploie, il faut, comme pour les conduites en ciment, exiger du constructeur des garanties fermes et complètes, lui imposer un délai de garantie assez long : 18 mois par exemple, et lui faire subir sur les sommes dues une assez forte retenue de garantie.

7° TUYAUX EN PLOMB

Nous avons dit précédemment comment les Romains établissaient de grands tuyaux en plomb à section piriforme.

On a coulé autrefois des tuyaux en plomb jusqu'au diamètre de 0^m,216, avec une longueur de 4 mètres.

En 1818, on a renoncé à ce mode de fabrication pour faire des tuyaux en plomb étiré ; on n'a pas dépassé le diamètre de 0^m,108.

En 1840, on a encore substitué au procédé précédent un système nouveau qui consiste à repousser le plomb pour le faire passer par une surface annulaire et produire ainsi des tuyaux jusqu'au diamètre de 0^m,10 inclusivement.

Pour les tuyaux d'un plus fort diamètre, on les forme avec des tables de plomb coulées d'avance. On prend dans une table une largeur égale au développement de la circonférence qui correspond au diamètre du tuyau à fabriquer, on roule cette table sur un billot et on fait une suture longitudinale.

Le plomb se rompt sous une tension de 1^{kl}, 35 par millimètre carré. On peut avec sécurité soumettre le plomb à une tension égale au quart de celle qui produit la rupture.

Ce qui donne pour le coefficient de résistance $R = 0^k,325$, soit le tiers ou le quart de celui de la fonte.

La résistance du plomb est beaucoup moindre que celle de la fonte, et son prix est trois fois plus grand.

L'économie a donc fait renoncer aux grands tuyaux de plomb ; mais, par leur flexibilité et leur mise en œuvre facile, ils rendent de grands services pour l'installation des bornes-fontaines et la distribution intérieure des édifices.

Les assemblages des tuyaux en plomb se font par soudure.

On trouvera les prix de la plomberie dans les documents annexes.

Action de l'eau sur les conduites en plomb. — Il a été entrepris autrefois, à Paris, une véritable croisade contre les tuyaux en plomb qui, prétendait-on, sont attaqués par l'eau et la rendent impropre à l'alimentation en la chargeant de sels vénéneux.

Belgrand a examiné la question dans diverses notes qu'il a présentées à l'Académie des Sciences.

Depuis des siècles, le plomb est employé à la confection des conduites sans qu'on ait signalé d'accidents sérieux ; une si longue expérience est déjà une présomption d'innocuité.

Les conduites publiques sont presque entièrement en fonte ou en tôle bitumée ; c'est surtout dans les branchements particuliers que le plomb est mis en œuvre.

Dans tous les embranchements, l'eau ne séjourne au plus que six à neuf heures, à moins qu'il ne s'agisse de maisons inhabitées.

La surface intérieure des tuyaux en plomb, quelque anciens qu'ils soient, est toujours parfaitement lisse et recouverte d'une patine adhérente qui empêche le contact du métal et de l'eau.

Le plomb, plongé dans de l'eau distillée, est, comme la chimie nous l'enseigne, attaqué avec une excessive rapidité ; il se forme en quelques instants une quantité de petits cristaux blancs d'hydrate d'oxyde de plomb qui se précipite, et l'acide sulfhydrique détermine dans la liqueur un abondant précipité noir de sulfure de plomb.

Mais, dès que l'eau n'est plus chimiquement pure et qu'elle renferme des parcelles de sels minéraux, elle n'attaque pas le plomb. La présence des sels de chaux, même à dose minime, est très efficace ; en l'absence de la chaux, d'autres sels paraissent aussi capables de protéger le plomb à la dose de 0^{sr},1 par litre ; tels sont le sulfate de soude, les chlorures de sodium et de potassium, le sulfate de magnésie.

Une eau très pure, comme celle du puits de Grenelle, qui ne marque que 8° ou 10° à l'hydrotimètre, n'attaque pas le plomb.

L'eau de pluie ne l'attaque sérieusement que si elle a été recueillie, non pas au commencement de la pluie, mais en quelque sorte après un lavage prolongé de l'atmosphère.

Il serait donc imprudent de laisser circuler et séjourner de l'eau pluviale dans des vases ou conduites en plomb.

En réalité, les eaux ne peuvent être considérées comme réellement inoffensives que lorsqu'elles renferment des sels calcaires : c'est le cas général ; cependant certaines eaux de drainage peuvent ne renfermer que des nitrates ; l'attaque du plomb se produit alors et l'empoisonnement est à redouter.

Il faut éviter de mettre en contact direct le plomb et le fer en présence de l'eau, parce qu'il se forme un couple voltaïque, capable d'activer la réaction chimique.

Des analyses très précises semblent montrer, en définitive, que l'eau, qui circule dans les conduites en plomb, finit par enlever à la longue une certaine partie du métal, si celui-ci ne se trouve point protégé, ce qui est le cas ordinaire, par une patine adhérente ; mais la proportion de plomb est tellement faible en général qu'elle est sans danger pour la santé publique.

Si l'eau n'est pas trop chargée de matières organiques, si elle ne séjourne pas trop longtemps dans les tuyaux, elle ne peut devenir nuisible.

D'après le chimiste Schwartz, on pourrait défendre les tuyaux en plomb contre l'oxydation, en les plongeant pendant 15 minutes dans une solution concentrée de foie de soufre : le plomb se recouvre d'une sorte de vernis adhérent qui met le métal à l'abri du contact de l'eau.

Exemples de destruction de tuyaux en plomb. — Le D^r Hübner a signalé la destruction de tuyaux en plomb qui s'est produite à Flensburg. Les petits tuyaux dans les maisons se composent de plomb enveloppant une feuille d'étain. Le plomb s'est corrodé en profonds sillons, puis la feuille d'étain s'est crevée sous la pression de 5 atmosphères partout où les tuyaux étaient posés dans un sable ferrugineux. Il s'agissait, il est vrai, d'un sable riche en fer, prenant l'aspect et la dureté d'un grès. En présence de l'eau l'action est très rapide.

Le plomb ne s'altère pas dans la maçonnerie de chaux et de ciment, à condition cependant qu'elle reste saine et ne soit pas pénétrée par l'humidité.

Tuyaux en cuir ou en caoutchouc. — Ces tuyaux ne servent que pour l'arrosage ; ils sont coûteux d'acquisition et d'entretien.

Les tuyaux en cuir cloué coûtent de 6 à 12 francs le mètre pour des diamètres de 20 à 60 millimètres.

Le caoutchouc en plaques se vend de 7 à 12 francs le kilogramme ; il faut compter 9 francs le kilogramme pour une bonne qualité.

Les tuyaux en caoutchouc sont consolidés par une ou plusieurs enveloppes en toile et mieux par une ou deux spirales en fils de fer ou de cuivre, intérieures, saillantes ou noyées. Le prix de ces tuyaux est toujours très élevé. Ainsi le tuyau du 0^m,04 de diamètre intérieur coûte 4 à 9^{fr},20 le mètre courant, suivant qu'il a 1, 2, 3, ou 4 plis de toile interposés; avec spirale saillante et 2, 3, ou 4 plis de toile, il coûte 7^{fr},50, 9^{fr},80, 11^{fr},50 et, avec spirale noyée, 10 francs, 12 francs et 13 francs.

CHAPITRE XVII

DISTRIBUTION PUBLIQUE ET PRIVÉE — APPAREILS DE DISTRIBUTION ENTRETIEN, EXPLOITATION

SOMMAIRE. — Robinets et vannes ; appareils de distribution. — Danger des robinets à action instantanée. — Robinet à clef renversée. — Robinet vanne. — Robinet à clapet en caoutchouc. — Clapet pour robinet de décharge. — Ventouses. — Enlèvement de l'air par procédés mécaniques. — Robinets de prise ou de puisage. — Robinet intermittent automatique. — Robinet de puisage servo-moteur à repoussoir. — Réservoirs d'air dans les habitations. — Exécution d'un branchement de prise d'eau. — Appareils de distribution publique : 1° bornes-fontaines ; 2° Bouches sous trottoirs ; 3° poteaux d'arrosement ; 4° jets d'eau et fontaines monumentales. — Distribution privée ; service constant et service intermittent. — Le service constant appelle le compteur. — Observations sur l'entretien d'un réseau de distribution : 1° pertes dans les distributions d'eau ; compteur des pertes employé à Liverpool ; manomètres ; 2° incrustations et tubercules dans les conduites : dépôts calcaires ; dépôts ferrugineux ; dépôts vivants ; 3° cantonnements d'air ; expulsion de l'air confiné. — Entretien d'un réseau de conduites ; prix de l'entretien au mètre courant.

ROBINETS ET VANNES ; APPAREILS DE DISTRIBUTION

Les robinets et les vannes sont les éléments les plus importants d'une distribution d'eau. On distingue : les robinets d'arrêt qui relient entre elles diverses conduites ou les sections d'une même conduite ; les robinets de décharge, placés aux points bas et permettant la vidange d'une section donnée ; les robinets-ventouses, placés aux points hauts pour l'expulsion de l'air ; les robinets de prise d'eau, qui fournissent le liquide au consommateur.

Danger des robinets à action instantanée. — Il importe que les robinets produisent ou arrêtent l'écoulement avec une lenteur relative. Si leur action est instantanée ou seulement trop rapide, ils déterminent des coups de bélier funestes aux tuyaux et aux appareils ; le système se brise ou se détraque, il faut le remplacer ou le réparer fréquemment.

Le calcul suivant, dépourvu du reste de rigueur mathématique,

donne une idée de l'effet des arrêts instantanés et des coups de bélier qu'ils engendrent.

L'allongement x qu'éprouve une barre de fonte, de longueur L et de section S , soumise à une traction T , se calcule par la formule fondamentale de l'élasticité :

$$(1) \quad x = \frac{TL}{ES},$$

dans laquelle E , coefficient d'élasticité de la fonte, peut être pris égal à 12×10^9 .

Nous savons de plus que la fonte se rompt après un allongement, variable suivant sa qualité, qu'on peut prendre égal en moyenne à la fraction 0,008 de sa longueur.

Nous pouvons assimiler un tuyau en fonte de diamètre d , d'épaisseur e et de longueur l , pressé par l'eau à l'intérieur, à une barre de fonte qui aurait pour longueur la circonférence $\pi \cdot d$ du tuyau et pour section droite $l \cdot e$.

Cherchons quel travail mécanique il faut exercer sur ce bout de tuyau pour le rompre, en supposant que la tension initiale de la fonte soit nulle.

La tension T correspondant à l'allongement x de la barre donne pendant le moment qui suit cet allongement un travail élémentaire..... $T \cdot dx$; mais, d'après la formule (1), on a :

$$T = x \frac{E \cdot S}{L} = x \cdot \frac{E \cdot e \cdot l}{\pi \cdot d}.$$

Le travail total, depuis l'allongement zéro jusqu'à l'allongement x , est donc égal à :

$$\int T \cdot dx = \int \frac{E \cdot e \cdot l}{\pi d} \cdot x \cdot dx = \frac{E \cdot e \cdot l}{\pi d} \cdot \frac{x^2}{2}.$$

Soit un tuyau de 0^m,50 de diamètre, de 1 mètre de long, de 0^m,016 d'épaisseur ; l'allongement de rupture est égal à 0,008 πd . Le travail nécessaire pour y parvenir est donc :

$$\frac{12 \cdot 10^9 \cdot 0,016}{\pi d} \cdot \frac{(0,008 \cdot \pi \cdot d)^2}{2} \text{ ou } 9,646 \text{ kilogrammètres.}$$

Or, la demi-force vive $\frac{mv^2}{2}$ du liquide renfermé dans 1 kilomètre

de longueur de ce tuyau et animé d'une vitesse moyenne de 1 mètre s'élève à 10 015 kilogrammètres.

Si l'écoulement s'arrête instantanément, cette force vive se dépense à l'extrémité du tuyau, sur une longueur qui peut même être inférieure à 1 mètre, et le tuyau se brise.

En fait, l'instantanéité absolue n'existe jamais ; aussi la plupart du temps la force vive s'absorbe-t-elle en vibrations, en refoulement du liquide. Cependant la rupture arrive encore assez souvent, ou une déformation ou une fuite dans un joint.

La *manœuvre lente des robinets* est donc un principe essentiel dont il faut que se pénètrent les fontainiers et même les consommateurs.

Les robinets le plus en usage sont les robinets à boisseau et les robinets-vannes ; les premiers s'appliquent d'ordinaire aux conduites de petit diamètre et les seconds aux conduites de grand diamètre, mais chacun des deux systèmes comporte tous les calibres.

Robinet à boisseau. — Le robinet à boisseau est bien connu ; il est représenté par la figure 21, moitié en élévation, moitié en coupe

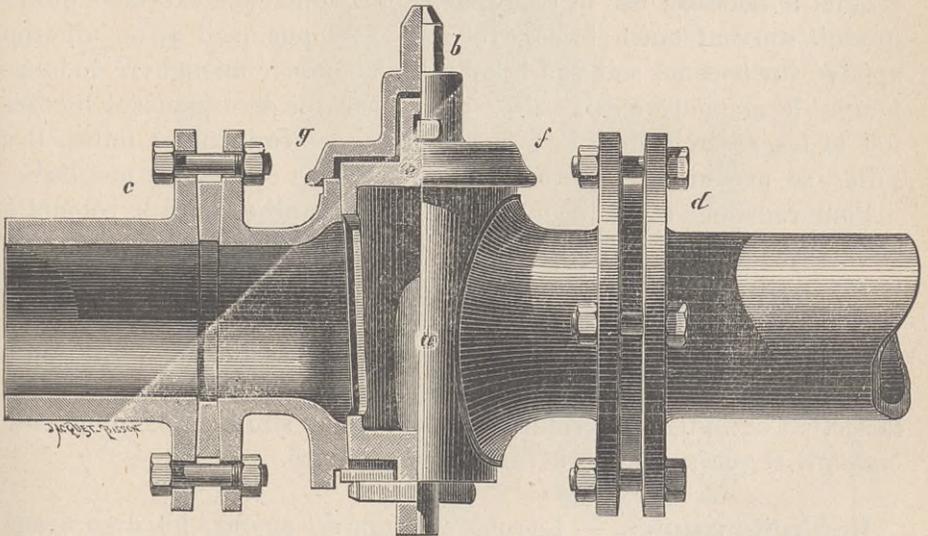


Fig. 21.

longitudinale. Il est placé sur un bout de tuyau droit, terminé par des brides *c* et *d* qui s'assemblent avec les brides des deux portions de conduites à réunir. Le boisseau (*a*) est un tronc de cône percé de part en part d'un orifice égal à celui des conduites ; si cet orifice est dans l'axe des conduites, la communication est établie ; si, au contraire, on le tourne de 90°, la communication est interceptée.

Pour imprimer au boisseau son mouvement de rotation, on se sert d'une clef, d'un système identique à celui de la clef de montre, qui s'engage dans le mamelon *e* à section carrée. Le robinet est, comme nous savons, à une certaine profondeur sous terre; on le manœuvre avec une clef qui s'introduit dans un manchon cylindrique, fermé par un tampon de fonte au niveau de la voie publique, appareil qui porte le nom de *bouche à clef*.

La clef avec sa longue tige en fer est très pesante; si elle agissait de tout son poids sur le robinet (*a*), elle le presserait énergiquement contre les parois de sa boîte, le frottement serait considérable et la manœuvre pourrait devenir difficile. On évite cet inconvénient au moyen du chapeau en fonte *b_gf*, qui entoure le carré *e* et lui communique le mouvement de rotation que la clef lui imprime par le carré *b*; ce chapeau repose par sa base *g_f* sur le sommet de la boîte du robinet et non sur le robinet lui-même; celui-ci n'est donc soumis à aucun effort vertical et obéit sans peine au mouvement de rotation.

Robinet à clef renversée. — L'inconvénient le plus sérieux du robinet à boisseau est le coincement ou l'adhérence excessive qui se produit souvent entre le cône et son enveloppe, soit qu'on ait trop appuyé sur le cône, soit que le robinet n'ait pas été manœuvré de longtemps; la manœuvre exige alors des efforts qui désorganisent le robinet et les assemblages. Les grippements déterminent les fuites. Des fuites se produisent encore lorsqu'on laisse le robinet un peu lâche.

Pour remédier à ces inconvénients, M. Gibault a établi le robinet à clef renversée (*fig. 1*, pl. 37). Les deux extrémités du boisseau sont fermées par des plaques spéciales et le dispositif adopté permet de régler la position du cône; celui-ci est équilibré par des communications entre les faces intérieures et les bases extérieures du cône, et la seule force qui applique le cône sur son siège est la poussée correspondant à la section de la tige supérieure qui traverse un stuffing box ou un cuir embouti et que surmonte le carré de manœuvre.

Robinets-vannes. — Le robinet-vanne est aujourd'hui d'un usage général pour les conduites d'un diamètre un peu fort; cependant il s'applique bien aussi aux conduites de faible diamètre. La boîte du robinet-vanne est en fonte et se compose de trois parties principales qui s'assemblent au moyen de brides; les faces d'assemblage sont aplanies au tour et enduites de minium pour assurer leur étanchéité (*fig. 22*).

La partie supérieure est composée d'une calotte sphérique *aa* où se oge la vanne quand elle est levée. Les deux autres parties sont des

portions de tuyaux à brides *b, b*, dans lesquels on a ménagé les coulisses et le siège nécessaires pour recevoir la vanne. Le système de boîte permet de visiter le robinet en enlevant simplement la calotte supérieure, il est dû à M. Herdevin. La partie inférieure *c* est munie d'une tubulure fermée par un disque assujéti par des boulons; on l'ouvre de temps en temps pour enlever les ordures, que l'eau entraîne dans la tubulure.

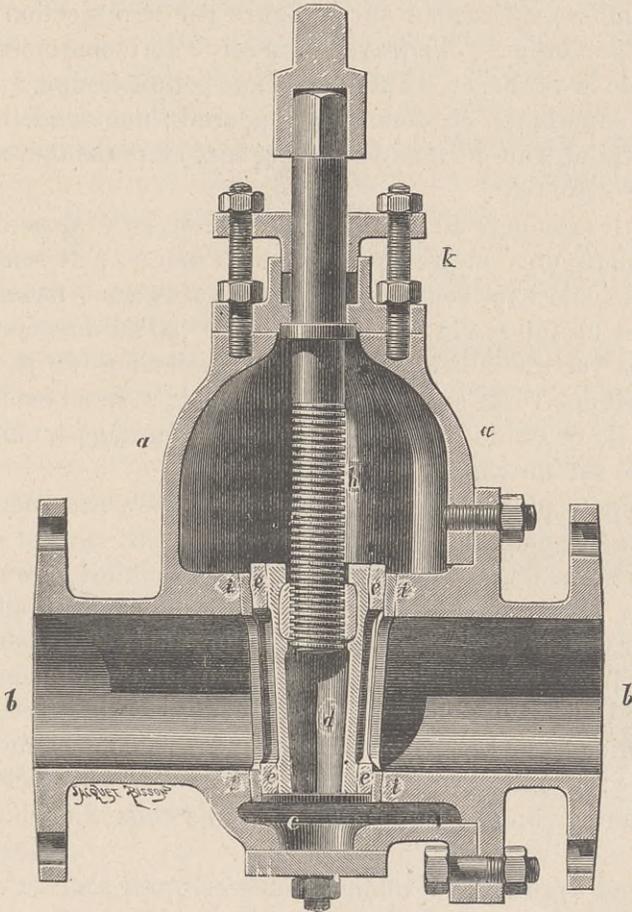


Fig. 22.

La vanne *d* est formée de deux disques fondus ensemble et réunis par leur face latérale et par leur partie supérieure. Les parois planes de ces disques sont légèrement inclinées sur la verticale; elles portent sur leur pourtour de légères saillies de 0^m,04 à 0^m,05 de largeur, correspondant à la paroi cylindrique du tuyau lorsque la vanne est fermée. Sur ces saillies parfaitement dressées on fixe, avec des vis en bronze à tête fraisée, des cerces de bronze, *ee*, de 8 à 10 millimètres

d'épaisseur que l'on dresse également avec le plus grand soin. Les parois correspondantes de la boîte sont munies de cercles pareils, *ii*, et c'est par leur intermédiaire que le contact a lieu.

Cette vanne est guidée, dans son mouvement de levage ou de descente, par deux oreilles saillantes sur ses faces latérales qui glissent dans une coulisse ménagée pour elles et venue de fonte dans les parois de la boîte.

Cette coulisse est cachée sur la figure par la projection de la tige. Celle-ci est en bronze ; elle traverse un écrou de même métal logé dans le dessus de la vanne, et, d'autre part, une boîte à étoupe, *k*, logée dans la partie supérieure du dôme de l'appareil ; une rondelle, engagée dans une rainure au-dessous du stuffing box, empêche tout mouvement vertical de cette tige.

A Paris, les robinets au-dessus de 0^m,08 sont posés dans des regards en maçonnerie de 1 mètre de diamètre au moins, s'ils sont ronds, ou de 0^m,90 de côté s'ils sont carrés ; ces regards sont formés de murs qui laissent un intervalle libre de 0^m,40 à 0^m,50 au-dessous du robinet et s'élèvent verticalement jusqu'à 0^m,70 au-dessous du pavé. A cette hauteur naît une voûte en arc de cloître dont le sommet est percé d'une ouverture de 0^m,65 de diamètre ; celle-ci est fermée par une trappe en fonte posée sur un châssis en bois.

Les robinets plus petits sont posés dans un espace nommé tabernacle, formé de petits murs en briques posés sans mortier de 0^m,22 de côté en carré sur 0^m,30 de hauteur. Le tabernacle est recouvert d'une planche en chêne goudronné ou en bois blanc injecté au sulfate de cuivre. Sur cette planche, percée d'un trou rond de 0^m,081 de diamètre, s'élève un tuyau de bois ou de fonte fermé par un tampon enchaîné. Cet appareil constitue ce que l'on nomme une *bouche à clef*.

Un premier avantage du robinet vanne est de donner une fermeture hermétique : il est beaucoup plus facile de dresser exactement une surface plane qu'une surface conique comme celle du robinet à bois-seau.

Un second avantage du robinet-vanne est qu'il s'ouvre et se ferme lentement ; il permet de rétrécir à volonté le passage et, grâce à sa marche progressive, il évite les coups de bélier, si dangereux dans les grosses conduites avec les fortes charges. Généralement le pas des vis est de 0^m,01, de sorte que la vanne s'élève ou s'abaisse d'un centimètre à chaque tour de clef.

On a beaucoup perfectionné ces appareils ; on les a rendus *étanches* en dressant parfaitement les surfaces en contact, ou en les garnissant de caoutchouc ou de cuir, ce qui semble préférable.

C'est généralement par les vis qu'ils périclitent : lorsqu'un robinet n'a

pas été manœuvré depuis longtemps, on a beaucoup de peine à le décoller de son siège; si l'on donne alors de violentes saccades à la clef de manœuvre et à son levier, on risque de rompre l'appareil et cela arrive assez souvent avec des fontainiers brusques et peu soigneux.

Lorsqu'on éprouve de la résistance, il faut au contraire procéder par petites secousses pour déterminer le décolllement des surfaces en contact.

La manœuvre des gros robinets devient très difficile lorsqu'ils sont pressés d'une manière très inégale sur les deux faces, parce que la pression la plus forte les applique sur le siège opposé; c'est alors que la présence des conduites *nourricières*, réunissant les deux sections, rend de grands services puisqu'elle permet d'équilibrer les pressions.

Ce système a été appliqué, à Alleghany, à des robinets monstres dont la vanne, pesant 6 tonnes, roule sur galets.

Quand on veut voir si un robinet est *ouvert ou fermé*, on ne s'en aperçoit d'ordinaire qu'en introduisant la clef et en cherchant dans quel sens s'opère la rotation du robinet.

C'est là, on le comprend, un procédé primitif; aussi a-t-on été amené à adopter dans certains cas des *robinets à indicateur*; l'indicateur se compose d'un disque que fait tourner une roue dentée actionnée par la tige du robinet et qui présente à l'observateur, suivant sa position, les mots: *ouvert ou fermé*.

Robinet à clapet en caoutchouc. — Sur le réseau à basse pression des conduites de Saint-Étienne, M. l'ingénieur de Montgolfier a employé des robinets du système Bonin (*fig. 23*): ils se composent de deux clapets *a, a*, garnis de caoutchouc, mobiles autour des points *c, c* et reliés par deux tiges articulées à un manchon taraudé, *b*, qui se meut le long d'une vis verticale manœuvrée de l'extérieur par une clef comme la tige du robinet-vanne. La vis est fixe et son écrou est mobile, de sorte qu'il entraîne les clapets dans son mouvement: ceux-ci s'appliquent sur deux sections obliques, d'un diamètre égal à celui des portions de conduite qu'il s'agit de réunir.

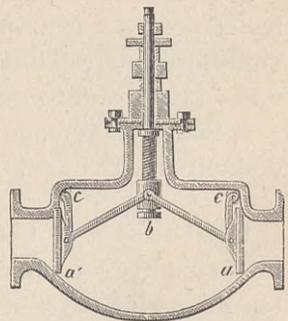


Fig. 23.

Ces robinets, dont le prix est inférieur d'un cinquième à celui des robinets Herdevin ont, suivant M. de Montgolfier, donné d'excellents résultats à Saint-Étienne.

Clapet ou robinet de décharge. — Aux points bas des conduites on doit, avons-nous dit, placer des robinets ou clapets de décharge, permettant de mettre en vidange les sections correspondantes de la conduite. On se sert habituellement de simples robinets à boisseau.

La figure 24 représente la coupe d'un clapet de décharge de la distribution d'eau de Saint-Étienne, clapet fourni par les usines de l'Horme. Latéralement à la conduite principale on place, au moyen d'un assemblage à brides, l'appareil A; l'orifice d'évacuation est fermé par une plaque horizontale en fonte *a*, garnie en dessous de caoutchouc vulcanisé; le caoutchouc s'appuie sur le rebord saillant de l'orifice; il est comprimé à volonté par la vis *b*, qui se manœuvre par une bouche à clef; cette vis mobile passe dans un écrou fixe que supporte un siège en fonte, coulé en même temps que la tubulure; la tige de la vis traverse le couvercle de cette tubulure dans un stuffing box.

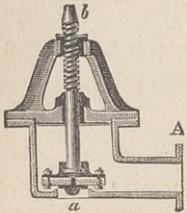


Fig. 24.

On comprend que le caoutchouc se moule exactement sur la surface contre laquelle il est comprimé et détermine une obturation parfaite.

Le clapet étant, du reste, placé dans une tubulure latérale de la conduite principale, ne gêne en aucune façon l'écoulement. A la suite de l'orifice d'écoulement, se trouve un aqueduc qui mène les eaux soit à l'égout, soit dans un puisard absorbant.

Il va sans dire qu'il est inutile d'adopter de grands diamètres pour les clapets de décharge; ils n'ont jamais à livrer passage qu'à un volume d'eau relativement restreint, et il importe peu que le temps de la vidange dure quelques secondes de plus ou de moins.

A Saint-Étienne, on n'a adopté pour les orifices de vidange que deux diamètres : 0^m,135 et 0^m,081.

Ventouses. — Les ventouses sont des appareils placés aux points hauts d'un réseau de conduites et destinés à livrer passage à l'air contenu dans les tuyaux, lors de la mise en charge, ainsi qu'au mélange gazeux que l'eau pourrait abandonner à l'intérieur des conduites.

Autrefois on se servait de cheminées ou tubes verticaux s'élevant à un niveau supérieur à celui de la source; l'équilibre hydrostatique s'établit, et il n'y a pas à se préoccuper de l'émission de l'air qui se fait naturellement. Mais un pareil système est gênant dans les villes et devient inapplicable lorsque la charge est grande. La gelée de nos climats serait un grave inconvénient.

Néanmoins il faut reconnaître que ce système est de beaucoup le

meilleur lorsque les pressions ne sont pas trop grandes et qu'il peut être encore avantageusement employé sur les conduites d'adduction de sources par la gravité, où les coups de bélier ne sont pas à craindre.

Bélicor recommandait de prendre comme ventouse une soupape pesante, placée à l'extrémité d'un court tuyau vertical ; lorsque l'air se trouve suffisamment comprimé, il soulève la soupape et s'échappe.

On peut recourir à un simple robinet que l'on ouvre lorsqu'on met la conduite en charge et que l'on ferme quand l'eau y apparaît ; ce procédé simple a l'inconvénient de n'être pas automatique ; mais il suffit en bien des cas.

Aujourd'hui, on se sert de la ventouse à soupape, représentée par la figure 8 de la planche 37 ; elle a été inventée par le chevalier de Bettancourt, et appliquée pour la première fois par Girard. Elle consiste en une boule creuse en laiton, enfermée dans une chambre au sommet d'une tubulure verticale, placée au point voulu de la conduite ; cette boule a sensiblement la densité de l'eau, de sorte qu'il ne faut pour la soulever, lorsqu'elle est noyée, qu'un faible effort. Elle est surmontée d'une tige verticale qui se termine par un clapet tronconique en bronze, d'environ 0^m,05 de diamètre ; en remontant, ce clapet pénètre dans un orifice égal ménagé dans le couvercle de l'appareil, l'obturation se produit, et toute communication est interrompue entre l'intérieur de la conduite et l'atmosphère.

Lorsqu'on met la conduite en charge, la boule creuse est entourée d'air, elle retombe sur son siège et laisse passer l'air qui s'échappe autour d'elle ; quand l'eau arrive, la boule est noyée, elle éprouve une poussée à peu près égale à son poids, et la pression de l'eau sur le clapet fait remonter la boule et le clapet qui ferme l'orifice d'émission.

Le mouvement se répète toutes les fois que l'air s'accumule dans la tubulure et que la boule cesse de plonger dans l'eau.

La figure 25 représente un type anglais de ventouse avec boule en caoutchouc ; on la remplace de temps en temps.

A Saint-Étienne, les ventouses ont toutes été posées sur tubulures de 0^m,135, et ont coûté 70 francs la pièce.

Il est à remarquer que la présence des ventouses est rarement utile dans les réseaux de distribution, car on trouve, à presque tous les points hauts des conduites, soit une borne-fontaine, soit une bouche

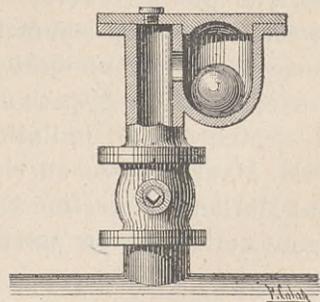


Fig. 25.

sous trottoir, et ces orifices suffisent pour l'évacuation de l'air.

La ventouse que nous venons de décrire est vraiment efficace pour la mise en charge, mais elle ne l'est pas autant pour l'émission de l'air qui peut se dégager de l'eau des conduites et s'accumuler dans les tubulures; cet air se comprime à la pression que représente la charge de l'eau au point considéré, et il peut arriver que la pression exercée par l'air comprimé sur la surface inférieure du clapet soit supérieure à la force verticale qui tend à faire tomber la boule lorsqu'elle n'est plus complètement noyée. Pour être certain que l'effet se produit, il faudrait calculer le diamètre du clapet obturateur et le volume de la boule d'après la valeur de la charge.

C'est ce que Darcy a remarqué.

Du reste, ajoute-t-il, lorsque l'on regarde attentivement couler une borne-fontaine, on s'aperçoit, aux fréquentes crépitations qui se produisent, que l'eau jaillissante entraîne beaucoup de globules d'air dans son mouvement. Je crois donc, en ce qui concerne, bien entendu, l'air tenu en suspension dans l'eau, que les conduites en sont presque radicalement purgées par les écoulements qui s'opèrent aux fontaines et aux bornes-fontaines; que, dans ce cas, les tuyaux ouverts, les soupapes chargées d'un poids et les soupapes à flotteur n'ont qu'une action assez faible; qu'en un mot leur utilité principale n'existe qu'au moment de la mise en charge des conduites.

Enlèvement de l'air par procédés mécaniques. — On a recours, sur les grosses conduites particulièrement, à des moyens plus puissants que la ventouse pour enlever d'une manière continue l'air qui s'accumule aux sommets des parties formant siphon.

On y arrive par un éjecteur à vapeur, à air comprimé, à eau comprimée, quand on dispose de l'un ou de l'autre de ces trois moyens.

L'éjecteur à eau, imitation de la trompe catalane, a été appliqué par M. Maurice Levy au siphon demi-circulaire, accolé à la voûte du pont Morland, et destiné à conduire le produit des égouts de Bercy à l'égout collecteur en passant sur le canal Saint-Martin. Le siphon a 8 mètres de flèche.

L'amorçage est fait par trois trompes A, B, C, et une d'elles suffit à l'entretenir. La dépense de l'eau, qui est prise sur une conduite de distribution indiquée en pointillé, s'élève à 300 ou 350 mètres cubes par vingt-quatre heures.

Un flotteur actionne automatiquement la valve de prise d'eau de la trompe et l'ouvre plus ou moins suivant que le volume d'air accumulé augmente ou diminue.

Afin d'empêcher l'arrivée dans les trompes des eaux sales du siphon,

l'aspiration se fait par une cheminée à cloison centrale ; l'appel d'air suit le chemin indiqué par les flèches.

L'amorçage devient presque inutile en cas de grande averse, lorsque le débit et la vitesse sont considérables ; les bulles d'air sont entraînées par le courant.

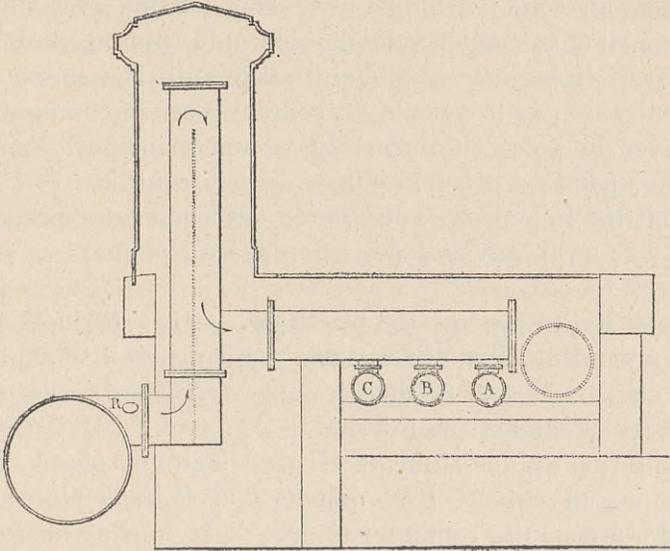


Fig. 26.

A Reims, le bassin des sources est relié au puisard des machines élévatoires par un siphon de 375 mètres de long, 0^m,50 de diamètre, fournissant 8 000 mètres cubes par jour. Le siphon présente quatre sommets et en chacun d'eux il porte une ventouse ; mais, au bout d'un certain temps, les gaz accumulés ralentissent néanmoins le débit ; on les expulse en fermant les vannes aux deux extrémités du siphon et en introduisant dans les parties hautes de l'eau fournie par une conduite spéciale branchée sur la conduite ascensionnelle. Cette opération se fait tous les huit jours ; pour éviter l'interruption du service, on pourrait monter à chaque sommet une petite pompe à air.

M. l'ingénieur Le Chatelier a produit le même effet à l'aide d'un appareil ingénieux basé sur l'expérience suivante : lorsqu'on verse de l'eau dans un vase conique, tel qu'un pot à fleur, percé d'un trou à sa base, et qu'on imprime au vase un mouvement de giration, l'eau se creuse en entonnoir, et, si on la laisse échapper par le trou du fond, elle entraîne avec elle des bulles d'air que l'on voit très bien dans le jet ; cet air provient de l'entonnoir liquide creusé dans le vase.

Au siphon principal, superposez un siphon de petit diamètre auquel

il soit possible de donner une chute assez grande pour qu'il soit parcouru par un courant rapide ne permettant pas le dégagement des bulles d'air ; au sommet de la branche descendante de ce siphon auxiliaire, placez une caisse conique qui va jouer le rôle du pot à fleur. Le courant ascendant débouche sur le côté de cette caisse tangentiellement au cône ; il tombe donc dans le cône avec un mouvement hélicoïdal et va gagner le fond qui forme le sommet de la branche d'aval du petit siphon ; le cône d'air qui remplit l'entonnoir hydraulique est entraîné par le courant et, comme la caisse communique par le haut avec le point culminant du siphon principal, l'air qui se dégage en ce point est entraîné d'une manière continue.

L'appareil est ingénieux, mais exige des conditions particulières. Il va sans dire qu'il faut toujours amorcer les siphons.

Robinets de prise ou de puisage. — Les robinets de prise sont évidemment de diamètre variable : leur orifice a 0^m,03 ou 0^m,04 dans les cours, 0^m,01 à 0^m,02 dans les cuisines et postes d'eau, 0^m,005 à 0^m,008 dans les cabinets de toilette.

La canalisation qui les alimente est d'ordinaire en plomb, quelquefois en fer ou en cuivre. Des robinets d'arrêt sont placés dans la rue près de la conduite publique et près de la *colonne montante* qui dessert tout l'édifice, à l'origine de chaque branchement ; ces robinets se manœuvrent avec une clef à main ; on a soin de les fermer quand un appartement est vacant, ou quand le branchement est exposé à la gelée et, en même temps, on ouvre le robinet de puisage pour qu'une partie de l'eau puisse s'échapper et que la rupture des tuyaux par la glace ne soit pas à craindre. De petits robinets de décharge ou des reniflards sont quelquefois nécessaires pour cet objet.

Les premiers robinets de puisage étaient des robinets à biseau ordinaires, remplissant un seau d'eau en une fraction plus ou moins grande de minute suivant la pression, mais ce type donnait lieu à des fuites et surtout à des coups de béliers funestes.

On les a généralement remplacés par des robinets à vis, qu'on est forcé d'ouvrir ou de fermer d'une manière progressive et que l'on serre à volonté ; pour les réparer, il suffit de changer le cuir ou le caoutchouc.

Les robinets à clef ordinaire se prêtent beaucoup trop au gaspillage de l'eau, ce fléau des services d'eau ; il y a des consommateurs qui, par négligence ou par plaisanterie, ou par l'espoir d'avoir de l'eau plus fraîche, les laissent ouverts presque jour et nuit et perdent ainsi sans profit un débit considérable.

Les robinets à *repoussoir* mettent en partie obstacle à cette manœuvre

frauduleuse, quoiqu'on puisse à la rigueur s'arranger pour les tenir ouverts.

Pour parer à ce gaspillage, M. Chameroy avait établi un *robinet intermittent automatique*, très ingénieux, qui donnait à chaque manœuvre un débit déterminé : 8 à 10 litres par exemple, et qui arrêtait ensuite tout écoulement ; il réprimait donc les gaspillages et les pertes. En voici la description (*fig. 9*, pl. 37) : il se manœuvre avec un levier L muni d'une came K qui peut enfoncer le piston E ou le laisser libre de se relever.

Un autre piston CB est poussé vers le haut par un ressort M et, quand le ressort agit seul, la couronne R appliquée sur la partie fixe du robinet empêche le passage de l'eau ; au contraire, quand le ressort est plus ou moins comprimé, l'eau peut monter par les cannelures verticales du cylindre B et elle gagne en T l'orifice de sortie. Le piston CB est traversé sur toute sa longueur par un tube qu'obture incomplètement un cylindre D, qui présente un méplat vertical.

Ceci posé, on amorce le robinet en le remplissant d'eau, on remet le piston E et le couvercle, de sorte qu'il ne reste plus d'air sous le piston.

On abaisse la poignée L. la came K abaisse le piston E qui comprime l'eau confinée sous lui, et cette eau fait descendre le piston CB en surmontant la résistance du ressort ; l'eau passe librement par les cannelures et s'écoule.

L'écoulement persisterait si l'eau confinée entre C et E ne pouvait s'échapper, mais elle trouve un passage par le méplat du cylindre ; elle s'échappe donc peu à peu, le ressort M se détend, le piston BC remonte et, au bout d'un certain temps ferme le passage de l'eau.

La durée de l'écoulement est donc réglée par l'amplitude du méplat et on dispose ce méplat expérimentalement, suivant la pression dans la conduite, de telle sorte que le volume d'eau livré à chaque manœuvre ait une valeur donnée.

On peut toujours arrêter l'écoulement à un moment quelconque en remontant le levier L ; de même, pour répéter la manœuvre, il suffit de relever le levier L, puis de l'abaisser un instant après.

L'usage de ce robinet ne s'est pas propagé ; il eût fallu l'imposer. On a préféré imposer les compteurs et faire payer l'eau gaspillée.

Robinet de puisage servo-moteur à repoussoir (*fig. 6*, pl. 37). Ce robinet à repoussoir se fermant seul, construit par M. Gibault, comprend une soupape *s* qui, lorsqu'on appuie sur le bouton, introduit l'eau sous pression au-dessus du piston P, qui s'abaisse et livre passage à l'eau par la soupape S de grande dimen-

sion ; l'eau gagne le dégorgeoir en passant par les canaux p . Dès que la pression sur le bouton cesse, le ressort R remonte, entraînant le piston P , et l'écoulement s'arrête.

Les canaux p ayant leur origine à des distances différentes de la soupape S , le débit est variable suivant la course et se règle à la volonté de l'opérateur.

Le coup de bélier est nul à la fermeture, par suite de l'existence du volume d'eau introduit au-dessus du piston. Ce volume d'eau s'écoule lentement, parce qu'il ne peut passer qu'entre le piston et le cylindre dans lequel il se meut ; il forme matelas et empêche la fermeture brusque du robinet.

La figure 17, planche 37, représente un *régulateur de pression et de débit* qui peut être placé en avant des robinets de puisage ; le mécanisme s'en comprend de lui-même. Il atténue les coups de bélier sur les branchements à forte pression et permet d'arrêter l'eau, sans descendre dans le sous-sol, lorsqu'on veut réparer un robinet. Le modérateur Samain est destiné à remplir le même but.

La figure 27 représente un modèle anglais de modérateur de pression : la valve A est guidée par la tige d'un piston qui se meut dans un petit cylindre m communiquant par un conduit étroit avec l'eau sous pression : si la pression augmente, le piston et avec lui la valve A remontent, restreignant l'écoulement ; si la pression diminue, la valve redescend et augmente la surface d'écoulement. Un ressort permet de régler l'appareil.

Réservoir d'air dans les habitations. — Pour limiter les effets des coups de bélier, si nombreux dans les distributions privées, on a bien

songé à installer de petits réservoirs d'air sur les conduites, mais le système ne réussit pas, car l'air du réservoir est dissous et entraîné rapidement par le liquide. A la rigueur on pourrait isoler l'air par une couche d'huile ; cette huile flotte à la surface du liquide et est recueillie, lorsque l'eau baisse et quitte l'appareil, dans une coupelle placée à la partie inférieure.

En fait, on ne peut espérer que les consommateurs surveilleront le fonctionnement de ces appareils délicats.

Exécution d'un branchement de prise d'eau. — Il faut qu'un

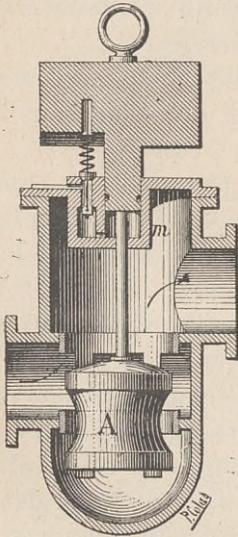


Fig 27.

branchement puisse être pratiqué sur une conduite sans qu'on soit forcé de mettre celle-ci en vidange. On la laisse donc en charge et l'on pratique ce qu'on appelle une prise à collier (*fig.* 3, pl. 38).

A est la conduite principale sur laquelle il s'agit de faire le percement. B est le branchement en plomb dont l'extrémité, refoulée en forme de bride, s'applique sur un cuir gras interposé entre elle et la conduite principale ; la bride en plomb est elle-même recouverte d'un cuir gras.

C est le collier qui porte un orifice pour le passage du branchement et dont les deux moitiés se rapprochent et se serrent au point voulu au moyen des écrous D.

Sur le tuyau de branchement B, on soude à l'avance le robinet d'arrêt, si bien qu'en ouvrant ce robinet on peut faire passer la mèche destinée à percer la conduite A ; lorsque le percement est effectué, l'eau jaillit, on retire la mèche, on ferme le robinet d'arrêt et on termine le branchement.

APPAREILS DE DISTRIBUTION PUBLIQUE

Les appareils de distribution publique ont deux fonctions distinctes : 1° l'arrosage des rues et accidentellement l'alimentation des pompes à incendie ; 2° l'alimentation publique.

Certains constructeurs se sont surtout préoccupés de la première de ces fonctions et ont placé les appareils de distribution de manière à arroser la plus grande surface possible de la voie publique.

C'est là, en somme, une fonction secondaire, quand on la compare aux besoins domestiques.

De la multiplicité des bornes-fontaines. — On doit chercher principalement à mettre l'eau à la portée de tous, surtout dans les quartiers où se trouve agglomérée la population ouvrière.

« Le lavage des rues, disait Emmerly, inspecteur général des Ponts et Chaussées, est sûrement bien utile ; mais consultez les hommes de l'art, reprenez tous les procès-verbaux des Commissions sanitaires, et ils vous diront qu'il est bien autrement important de laver les allées des maisons, les petites cours intérieures mal aérées, les lieux d'aisances qui y sont ordinairement placés, les rez-de-chaussée. Ils ajouteront qu'il faut surtout donner à la classe malheureuse la possibilité de multiplier gratuitement les lavages de toute espèce, soit du corps, soit du linge qui, souvent, se trouve réparti en si faible proportion à chaque individu. Voilà, vous répéteront-ils, comment vous

attaquerez avec quelque profondeur la question de l'assainissement intérieur d'une grande ville. Tel est le service immense que rendent les puisages gratuits aux bornes-fontaines. »

Ces principes ne doivent pas être perdus de vue lorsqu'on projette une distribution d'eau ; sans doute, la multiplicité des bornes-fontaines pourra nuire dans les premiers temps aux abonnements privés, mais cet inconvénient ne durera pas, et la distribution à domicile offre tant d'avantages que les propriétaires assez riches pour l'installer arriveront un jour ou l'autre à le faire.

Les appareils de distribution publique comprennent :

- 1° Les bornes-fontaines ;
- 2° Les bouches sous trottoir, pour arrosage ou pour alimentation des pompes à incendie ;
- 3° Les poteaux d'arrosage ;
- 4° Les fontaines publiques et jets d'eau.

1° **Bornes-fontaines.** — Les bornes-fontaines se fabriquent avec des modèles variés.

La figure 1, planche 38 indique un modèle très simple, celui des usines de Fumel. Un bouton à repoussoir ouvre, lorsqu'on l'abaisse, la soupape de communication entre le branchement et le dégorgeoir ; cette soupape remonte d'elle-même, sous la pression de l'eau, lorsqu'on abandonne le bouton. Si la pression est faible, on peut assurer le relèvement de la soupape et la fermeture par un contrepoids ou un ressort.

Si, au contraire, la pression de l'eau est trop forte et dépasse 20 mètres, le bouton devient difficile à manœuvrer et on le remplace par un levier.

La figure 2, planche 38 représente un type beaucoup plus compliqué construit par M. Gibault : il est à robinet servo-moteur, que nous avons décrit, et l'eau ne passe dans le robinet qu'après avoir traversé un dé perforé qui retient les matières solides ; celles-ci arrêteraient le fonctionnement du robinet. On voit sur le côté un robinet à boisseau à axe horizontal qu'on peut ouvrir avec une clef, introduite dans un trou de la face latérale de la borne ; l'eau passe alors dans un tuyau horizontal dont on dégage l'orifice en ouvrant la porte latérale de la borne, et sur cet orifice on peut visser un tuyau pour prise d'eau de pompe à incendie ; si on laisse la porte fermée, l'eau tombe dans le *souillard* et passe de là dans le caniveau. La borne peut donc fonctionner *pour le puisage ordinaire, comme prise d'incendie, comme prise d'arrosage à la lance, comme bouche de lavage ordinaire.* En général, on n'a pas grand avantage, dans les villes ordinaires, à recourir à ces appareils compliqués.

La borne que nous venons de décrire est, en même temps, du type dit *incongelable*. La qualité d'être incongelable s'obtient en ménageant au sommet de la colonne alimentaire un petit écoulement d'eau continu ; cela suffit d'ordinaire, si l'eau d'alimentation est à une température moyenne, par exemple comme les eaux de source, et si la borne dessert un puisage assez actif. Le courant continu est obtenu dans l'appareil que nous venons de décrire à l'aide d'un petit tuyau avec robinet à boisseau que nous voyons sur la coupe transversale ; on ouvre ce robinet en temps de gelée, il est réglé pour débit d'un litre à la minute, et l'eau qui s'en échappe s'en va dans un puisard ou dans le caniveau.

On peut obtenir un effet analogue avec les appareils ordinaires, en calant convenablement les robinets.

Il est rare que le débit des bornes-fontaines dépasse 1 litre à la seconde ; il est souvent beaucoup moindre..

2° Bouches sous trottoir. — La figure 5, planche 38, représente une bouche sous trottoir pour lavage du caniveau et pour prise d'arrosage à la lance. Si on se contente d'introduire la clef de manœuvre dans le trou du couvercle en fonte et d'ouvrir le robinet, l'eau qui s'échappe par le bout de tuyau vertical s'écrase sur la coupe renversée qui surmonte l'orifice de ce tuyau, et elle gagne le caniveau de la rue par l'orifice ménagé sur la face antérieure de la boîte en fonte. Mais, en ouvrant le couvercle de la boîte, on dégager le bout de tuyau sur lequel on peut fixer soit un tuyau d'arrosage, soit un col de cygne, qui permet de puiser avec un arrosoir.

Les bouches pour arrosage à la lance sont plus simples (*fig. 10*, pl. 37) ; on les fait avec boîtes rondes ou carrées (*fig. 11*).

Pour les grandes pompes à incendie, comme les pompes à vapeur, les bouches ordinaires ne donneraient pas un débit suffisant, et l'on a des bouches spéciales (*fig. 7*, pl. 38), à soupape et à tuyaux de 0^m,10 de diamètre.

Il faut aussi que la pression ne manque pas et, malheureusement, en cas d'incendie, elle fait souvent défaut, parce que des gens imprévoyants ouvrent à tort et à travers toutes les bouches du voisinage sans réfléchir qu'elles ne peuvent pas, à elles toutes, donner plus d'eau que ne peut en laisser passer la conduite qui les alimente.

3° Poteaux d'arrosage. — Les poteaux, établis autrefois pour le remplissage direct des tonneaux d'arrosage, ont aujourd'hui disparu. C'était des poteaux creux en fonte, de 2^m,90 de haut, hermétiquement fermés.

L'eau arrive à la base par un tuyau d'embranchement ordinaire et s'élève dans la cavité du poteau en comprimant l'air qu'elle renferme. Au centre de cette cavité est un tuyau de 65 millimètres de diamètre, qui se termine en haut par un robinet à boisseau tronconique ; ce robinet se manœuvre au moyen d'un carré et d'une clef qu'on introduit par le sommet du poteau. Lorsqu'il est ouvert, l'eau s'échappe par un ajutage et s'engage dans un tuyau flexible en cuir la conduisant au tonneau qu'il s'agit de remplir. A 0^m,50 environ au-dessus du sol, le poteau porte latéralement deux marches en fonte, sur lesquelles on peut monter pour atteindre facilement le sommet du poteau et manœuvrer le robinet. La section d'écoulement est assez grande, et la masse liquide en mouvement assez considérable pour que les coups de bélier, qui résultent de la fermeture brusque du robinet, soient dangereux et compromettent la solidité du tuyau ; l'air emprisonné dans le poteau, autour du tuyau central, amortit les chocs et prévient les dangers. Le poteau joue donc tout à la fois le rôle de conduite d'eau et de réservoir d'air comprimé.

Ces appareils ne se construisent plus ; on remplit les tonneaux à des bouches spéciales comme les bouches à incendie, qui, à Paris, peuvent fournir un débit allant jusqu'à 500 litres à la minute.

A la rigueur, on pourrait les remplir avec des tuyaux montés sur les bouches ordinaires, mais le débit de ces bouches ne dépasse pas 60 litres à la minute ; dans bien des villes il tombe même à 30 litres et moins.

Mais l'arrosage à la lance, qui se développe de plus en plus, se contente des bouches ordinaires munies d'un raccord à vis. Il faut alors disposer des bouches assez rapprochées, car la longueur des tuyaux mobiles ne dépasse pas une vingtaine de mètres.

4° Jets d'eau et fontaines monumentales. — Nous ne dirons rien des fontaines monumentales, elles sont plutôt du ressort de l'architecture. La fonte à bon marché permet aujourd'hui d'établir partout des vasques surmontées de statues et d'attributs, et l'on trouvera, dans les albums de nos grandes fonderies, tous les modèles désirables. A défaut de cette forme ornementale, on peut se contenter de vasques en ciment, qui rendent de grands services et permettent d'établir à peu de frais des fontaines ou des abreuvoirs.

Les eaux jaillissantes font le plus bel ornement de nos promenades et des places publiques des grandes villes.

Elles ont leur place même dans les bourgs lorsqu'on dispose d'une quantité d'eau suffisante.

Nous avons donné précédemment le calcul des jets d'eau verticaux et les expériences y relatives.

Souvent on ne se contente pas d'un jet vertical, on l'entoure d'une ou de plusieurs couronnes de jets inclinés, de manière à former une gerbe ; il est bon que les ajutages des diverses couronnes soient inclinés de telle sorte que leurs jets se coupent, afin de produire la pulvérisation de l'eau favorable aux jeux de lumière.

L'eau qui s'échappe de chacun des orifices inclinés décrit un jet parabolique, dont il est facile de calculer la hauteur et l'amplitude, en recourant à la formule du mouvement des projectiles.

Lorsqu'on lance un projectile avec une vitesse v , suivant une direction inclinée de l'angle α sur l'horizon, la courbe qu'il décrit est une parabole ayant pour équation :

$$(1) \quad y = x \operatorname{tang} \alpha - \frac{1}{2} g \frac{x^2}{v^2 \cos^2 \alpha}.$$

L'amplitude du jet s'obtient en faisant $y = 0$; elle est donnée par

$$(2) \quad x = \frac{v^2}{g} \sin.2\alpha.$$

La hauteur maxima du jet s'obtient en remplaçant, dans l'équation de la courbe, x par la moitié de l'amplitude précédente, et on trouve :

$$(3) \quad y = \frac{1}{2} \frac{v^2}{g} \sin^2 \alpha.$$

Étant donnée la charge, on calcule approximativement la vitesse v d'écoulement par un orifice en mince paroi ; connaissant le rayon du bassin, on a la valeur maxima de l'amplitude, il n'y a donc que l'inclinaison α d'inconnue dans l'équation (2), et cette équation permet de la calculer.

L'équation (3) fournit la hauteur du jet.

Lorsque de l'air est introduit dans un jet d'eau, l'émulsion qui en résulte augmente le volume, pulvérise l'eau, empêche le jet de rester translucide comme la belle parabole qui s'échappe d'un tonneau ; l'effet produit est beaucoup plus grand même avec une consommation d'eau relativement faible. On y arrive en entourant l'ajutage d'une tuyère conique de plus grand diamètre, percée de trous à son pourtour, trous qui s'ouvrent à l'air libre ; le jet fonctionne comme un éjecteur, l'air est aspiré et entraîné par le liquide auquel il se mélange.

L'insufflation de l'air dans la nappe des cascades leur donne aussi un

aspect plus satisfaisant ; on y arrive en partie en forçant la nappe à se diviser par la forme même donnée au déversoir ; on peut encore placer sur le déversoir un tube horizontal percé de trous, sauf sur la face amont, et surmonté de petits tubes verticaux débouchant à l'air libre ; cet appareil fonctionne comme un éjecteur.

Nous signalerons pour mémoire les *fontaines lumineuses*, obtenues par la projection, à l'intérieur des jets creux, de faisceaux lumineux produits dans le sous-sol et convenablement réfléchis ; l'insufflation d'air dans les jets augmente l'intensité du phénomène.

Distribution privée, service constant et service intermittent. — Dans le service constant, le réseau de distribution est toujours en charge et toujours ouvert ; le consommateur peut ouvrir les robinets et prendre de l'eau à toute heure du jour et de la nuit, c'est le système français.

Dans le service intermittent, l'eau est donnée successivement, un certain nombre d'heures par jour, aux divers districts ; les consommateurs ont des réservoirs où ils emmagasinent la consommation de chaque jour. C'est l'ancien système anglais, appelé à disparaître.

Déjà, en 1867, M. Huet, dans son rapport sur l'Exposition, signalait les différences entre les deux systèmes.

« L'Angleterre ne se préoccupe toujours que du service privé et, à part quelques fontaines publiques pour puisage, on n'y trouve encore que la bouche à incendie.

« Paris, que nous avons déjà signalé comme un modèle, relativement à l'ampleur avec laquelle il a compris pour le présent et prévu pour l'avenir la question de son alimentation, se distingue encore par l'installation du service privé.

« Dans les principales villes de l'Angleterre et des États-Unis, ce service présente une importance bien plus considérable par suite d'habitudes qui ne pénètrent que lentement et difficilement parmi nous ; mais son organisation n'y est pas comparable.

« A Londres, rien de plus simple, mais aussi rien de moins satisfaisant. Le service ne se fait que successivement et par quartier, pendant deux heures sur vingt-quatre. Il faut, pendant ce temps, que chaque maison fasse son approvisionnement, remplisse son réservoir. L'approvisionnement se fait seul, il est vrai, le trop-plein s'écoule naturellement à l'égout ; mais si, par suite de besoins exceptionnels, le réservoir se vide avant la fin de la journée, il faut attendre au lendemain.

« A Paris, le réseau complet de la distribution doit être constamment en service, et chaque maison a sa prise d'eau sur la conduite de la rue. »

Les ingénieurs anglais ne méconnaissent pas les immenses avantages du service constant ; mais en bien des cas ils ne pouvaient l'appliquer, parce qu'il entraîne une trop grande consommation d'eau. Non pas que la consommation pour les usages domestiques augmente sensiblement par le fait du service constant, mais c'est la consommation par les pertes. Supposons qu'en vingt-quatre heures celles-ci soient la moitié de la consommation totale ; si chaque tuyau n'est en charge que pendant deux heures, la perte est réduite au douzième de ce qu'elle était ; elle n'est plus égale qu'à 9 0/0 de la consommation utile, au lieu d'atteindre 50 0/0.

Telle est la seule cause qui a souvent empêché de substituer le service constant au service intermittent.

M. Deacon a signalé d'autres défauts graves inhérents au service intermittent et à l'installation défectueuse d'un grand nombre de distributions d'eau : il est intéressant de signaler ces défauts.

Dans le service intermittent, lorsqu'un district n'est plus en charge, l'eau contenue dans les tuyaux s'échappe peu à peu par les fuites qui existent aux points bas ; cette eau est remplacée par de l'air provenant des égouts et des drains, et quand on met de nouveau en service le réseau considéré, la première eau est chargée de gaz infects et dangereux.

Dans les districts pauvres, le lavage des water-closets se fait par un tuyau détaché du branchement d'alimentation et commandé par le même robinet ; pendant les intermittences de service on ne peut laver les drains, et de plus les tuyaux se remplissent d'un air putride aspiré par le tuyau des cabinets.

Le service intermittent exige que des approvisionnements d'eau soient ménagés dans des réservoirs ou des citernes ; il arrive, dans des quartiers pauvres, que ces réservoirs sont insuffisants pour la consommation totale, ou qu'ils se trouvent dans le voisinage des cabinets, ou encore que leur tuyau de trop-plein est en communication directe avec l'égout. Il existe de ces réservoirs qui sont découverts et servent de réceptacle aux matières animales, qui sont exposés directement aux rayons du soleil et remplis de végétations organiques. L'eau qui provient de pareilles sources, et qu'on emploie pour la cuisine ou les usages domestiques, doit avoir sur la santé publique les conséquences les plus funestes.

Avec le service constant, ces inconvénients n'existent pas.

Les pertes elles-mêmes, dont le consommateur s'inquiète peu, ne sont pas sans danger sur la salubrité publique. Elles pouvaient l'être autrefois, lorsque les distributions d'eau se trouvaient à l'état rudimentaire, mais, avec l'extension qu'elles ont prise, les pertes entraînent

non seulement une dépense inutile, mais de sérieux inconvénients. Dans tous les vieux quartiers de Liverpool, disait M. Deacon en 1875, même pendant un été sec, bien que le sous-sol soit drainé, les caves et la terre à l'entour sont, dans beaucoup de cas, complètement saturées par l'eau destinée à l'alimentation de la ville. L'eau ainsi accumulée finit quelquefois par se frayer un passage vers l'égout ; mais alors elle compromet la solidité des maçonneries, et elle est sans avantage pour le lavage des drains et des égouts : car un flot de quelques litres d'eau lancé dans un tuyau sale est incomparablement plus efficace qu'un petit écoulement continu.

Le service constant appelle le compteur. — Si le service constant est la règle vers laquelle on doit tendre, comme la seule compatible avec l'hygiène et avec la satisfaction de tous les besoins domestiques, elle n'en a pas moins le grave inconvénient d'entraîner un gaspillage énorme, surtout pendant les chaleurs.

Ainsi à Paris, on croyait, en 1878, que les eaux de sources disponibles, celles de la Vanne et la Dhuis notamment, distribuées dans une canalisation spéciale réservée au service privé, suffiraient pendant de longues années aux besoins de la population.

L'expérience immédiate a montré le contraire, et la pénurie s'est fait vivement sentir en été dès 1880 : il se produit, en effet, dans toutes les maisons, un gaspillage énorme, et le débit au robinet libre devient, en certains jours de grande chaleur, trois ou quatre fois supérieur aux prévisions.

On a partiellement enrayé le mal en rendant le compteur obligatoire, je dis partiellement, car, si le compteur atteint la bourse du propriétaire d'un immeuble, il n'atteint pas les locataires ; quand ceux-ci payent l'eau, ils donnent une redevance fixe et n'ont par suite aucun intérêt à atténuer le gaspillage. Celui-ci ne pourra être réfréné que par la multiplication des compteurs individuels, et beaucoup de propriétaires seront forcés d'en arriver à cette mesure.

Le compteur est donc le corollaire du service constant, à moins qu'on n'ait de l'eau à profusion, et la plupart des grandes villes sont fatalement amenées à le rendre obligatoire, à moins qu'elles ne disposent d'une alimentation de puissance indéfinie.

Comme nous l'avons dit en traitant des compteurs, il est regrettable que ces appareils soient d'un prix trop élevé, et il est désirable qu'on en établisse des modèles simples et économiques, fallût-il pour cela se contenter d'une précision relative inférieure à celle qu'on exige à Paris et qui est surtout atteinte lors des essais.

Dans les villes moyennes ou petites, l'obligation du compteur peut

nuire au développement de la vente de l'eau et des abonnements, surtout quand les maisons particulières sont de peu d'importance. Dans ce cas, il faut que les Compagnies ou les villes fassent les frais du compteur et se contentent de percevoir l'intérêt ou de le faire payer en quelques années.

L'obligation du compteur et le relèvement du prix de l'eau, lorsqu'on l'a fixé à un taux trop faible, ne déterminent d'ordinaire qu'un ralentissement passager dans la progression des recettes.

Ainsi, à Bruxelles, le prix de l'eau, en 1880, a été relevé de 500/0 et le compteur imposé. Le surenchérissement de l'eau n'a exercé sur les demandes de concession qu'une réduction momentanée ; cette mesure et l'obligation du compteur ont fortement relevé les recettes ; les gaspillages ont diminué, avec plus de sûreté pour le service public.

OBSERVATIONS SUR L'ENTRETIEN D'UN RÉSEAU DE DISTRIBUTION

Un réseau de distribution a trois ennemis principaux : 1° les fuites et pertes d'eau de toute nature ; 2° les incrustations de tuyaux ; 3° les cantonnements d'air.

1° Pertes dans les distributions d'eau. — Nous avons publié, en 1876, d'après un mémoire de M. Georges Deacon, une note sur les pertes d'eau dans les distributions d'eau, et cette note peut encore nous servir de guide.

Trois causes de perte se manifestent dans les distributions d'eau :

1° Il existe des pertes continues et cachées provenant de l'état défectueux des tuyaux, réservoirs et appareils souterrains ;

2° Il y en a d'autres, des pertes discontinues, qui tiennent à la mauvaise installation et au défaut d'entretien des appareils placés au-dessus du sol ou qui proviennent de ce que trop souvent on laisse ouverts des robinets, sans employer l'eau qui s'en échappe ;

3° La dernière cause des pertes est le gaspillage que font de l'eau ceux qui s'en servent. Il est difficile de faire disparaître cette dernière cause ; chercher à introduire une sévère parcimonie dans la consommation de l'eau est chose répréhensible, et il importe à la salubrité comme à la santé publique que l'on puisse même abuser de l'eau pour les usages domestiques ; la sanction à l'abus se trouve dans le compteur obligatoire, qui fait payer à chacun son gaspillage ou son incurie.

Il existe dans beaucoup de distributions d'eau des pertes considé-

rables dues aux deux premières causes. M. Whitney, ingénieur de Cambridge (Massachusetts), signalait, en 1875, la diminution notable de la quantité d'eau distribuée à Cambridge. Des observations furent faites à l'aide de siphons et de manomètres; elles avaient lieu le matin, alors que la consommation est presque nulle. On trouva des fuites nombreuses et considérables qui furent rapidement étanchées: aussitôt, et sans agrandissement de la conduite maîtresse, on obtint un surcroît de charge de 10^m,67, et l'on put assurer l'alimentation de chaque maison. On reconnut que bien des fuites laissaient perdre 4 à 5 mètres cubes par heure.

Un tuyau de 0^m,10 cassé perdait à lui seul 379 mètres cubes par jour. À Boston, les systèmes défectueux en usage chez les abonnés laissaient perdre 38 litres par tête et par jour.

Bien que la pose des tuyaux soit généralement effectuée avec soin en France, il doit exister dans les canalisations en tranchées beaucoup de fuites du genre de celles que nous venons de signaler. Ces fuites peuvent exister longtemps sans qu'on s'en aperçoive, car l'eau ne paraît à la surface qu'autant que c'est de ce côté qu'elle trouve la voie d'écoulement la plus facile.

On peut se rendre compte de l'influence d'une faible fuite au moyen du calcul suivant :

Soit un trou carré de 1 millimètre de côté sur lequel s'exerce une charge de 16 mètres; l'eau en sortira avec une vitesse égale à quatre fois $\sqrt{2g}$ ou à 17 mètres; le débit, avec le coefficient de contraction 0,6, sera environ 1 centilitre à la seconde, soit 864 litres en vingt-quatre heures; s'il existe dans une canalisation un millier de fuites de ce genre, c'est une perte quotidienne de 864 mètres cubes.

D'après M. Deacon, sur 100 litres d'eau passant en vingt-quatre heures dans un tuyau de service, 35 litres sont consommés par les pertes continues et cachées, 35 litres par les pertes superficielles et discontinues et 30 litres seulement sont utilisés; il s'agit, il est vrai, des distributions d'eau anglaises dans lesquelles le service public est insignifiant, tandis que le service privé est très considérable. Mais, comme ce dernier tend sans cesse à augmenter en France, la proportion ira de même en s'accroissant.

Compteur des pertes employé à Liverpool. — Lorsqu'il s'agit de supprimer les pertes, une première difficulté se présente, c'est d'en reconnaître la valeur et la position.

M. Deacon y est arrivé au moyen de l'appareil représenté par la figure 28, appareil que nous appellerons un compteur des pertes (*waste water meter*) et dont le principe est le même que celui de la jauge piézométrique Chameroy.

Il enregistre à la fois la durée et le volume de l'écoulement qui se fait dans un tuyau, et fournit un diagramme analogue à celui que donne, pour un cylindre à vapeur, l'indicateur de Watt, lequel enregistre la pression et l'espace parcouru par le piston.

L'eau arrive par le conduit A et s'écoule par le tuyau de service B en traversant l'appareil.

C est un tuyau tronc-conique ou tuyau de jauge, dans lequel se meut un disque horizontal D, dont le diamètre est égal à celui de la base supérieure du tronc de cône; lorsque le disque est au niveau de cette base, l'obturation du tuyau de jauge est complète, et l'écoulement de A en B est nul. A mesure que le disque descend, la couronne annulaire comprise entre sa circonférence et la paroi du tuyau tronc-conique augmente, et le volume d'eau passant de A en B s'accroît aussi.

En E est un siège qui arrête le disque lorsqu'il est arrivé au bas de sa course.

Le disque est guidé par la tige verticale creuse F, passant à frottement doux dans la gaine G. Au sommet de la tige F s'attache une ficelle IL qui vient passer sur une poulie H et se termine par un contrepoids M. A la corde IL est fixé le chariot K, guidé verticalement, et ce chariot porte un crayon maintenu en contact avec une feuille de papier recouvrant le cylindre P.

Ce cylindre effectue une révolution complète en vingt-quatre heures; il est actionné par un mouvement d'horlogerie O qui peut marcher sept jours sans être remonté.

Le petit tuyau Q livre passage à la faible quantité d'eau qui pénètre dans l'appareil en remontant entre les tiges G et F et en traversant l'obturateur J.

Le petit tuyau Q livre passage à la faible quantité d'eau qui pénètre dans l'appareil en remontant entre les tiges G et F et en traversant l'obturateur J.

La boîte R de l'appareil est fixée sur sa base en W au moyen de ciment de portland; elle est fermée hermétiquement par le couvercle T, et le tout est mis à l'abri sous une plaque de fonte striée U, qui fait dalle de trottoir.

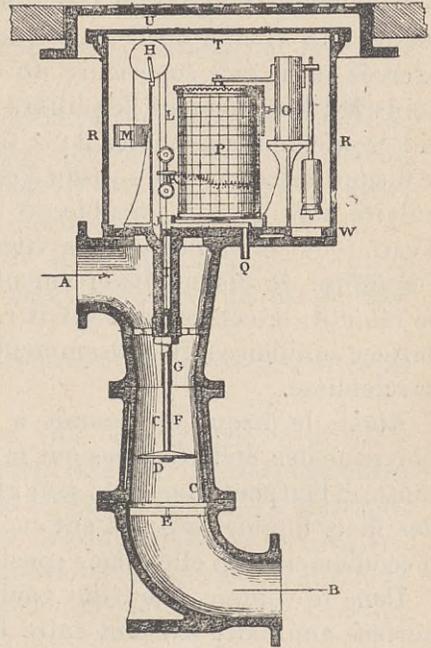


Fig. 28.

Voici maintenant le fonctionnement de l'appareil :

Lorsque l'écoulement est nul de A en B, le disque est au sommet du tube tronc-conique, et le crayon, qui exécute les mêmes oscillations que le disque, est lui-même aussi élevé que possible ; il décrit une section droite du cylindre P.

Si l'on détermine un écoulement de A en B, ou, ce qui revient au même, un appel de B sur A, la surface supérieure du disque est pressée par l'eau qui s'écoule ; il s'abaisse en laissant libre à son pourtour une surface annulaire qui s'accroît à mesure que le disque descend ; or, il existe une vitesse de l'eau, et une seule, pour laquelle la pression exercée sur la face supérieure du disque est équilibrée par le contrepoids M ; à ce moment l'équilibre s'établit et le disque reste immobile. Si l'écoulement augmente, il y a tendance à accroissement de vitesse, le disque descend encore jusqu'à ce qu'il ait démasqué une surface annulaire plus grande, capable de livrer passage au nouveau volume d'eau, tout en maintenant la vitesse normale à laquelle correspond l'équilibre du disque. Inversement, si l'écoulement diminue, la vitesse se ralentit, le contrepoids M fait remonter le disque jusqu'à ce que la surface annulaire soit suffisamment rétrécie pour que la vitesse normale se rétablisse.

Ainsi, le disque est soumis à une pression constante ; la vitesse moyenne des filets liquides qui le choquent est donc elle-même constante, et l'on peut admettre, sans grande erreur, que la vitesse moyenne des filets liquides qui passent autour de lui, dans la surface annulaire d'écoulement, est elle-même constante.

Donc le volume d'eau qui coule de A en B est proportionnel à la surface annulaire existant entre le pourtour du disque et la paroi du tube tronc-conique. Si l'on désigne par r le rayon du disque, par k la largeur de la surface annulaire, cette surface est égale à

$$2\pi \left(r + \frac{k}{2} \right) k = 2\pi rk + \pi k^2.$$

Le rayon r du disque ayant une valeur incomparablement plus grande que celle de k , on peut se contenter de prendre pour l'expression de la surface d'écoulement la quantité $2\pi rk$.

Ainsi cette surface est proportionnelle à k , et, comme l'épaisseur k de la couronne annulaire est proportionnelle à la quantité dont le disque s'est abaissé dans le tuyau tronc-conique, quantité qui est mesurée par le déplacement vertical du crayon, il en résulte que les déplacements verticaux de ce crayon sont proportionnels aux variations du volume d'eau qui coule de A en B.

Le crayon décrit sur le cylindre P une courbe dont les abscisses sont proportionnelles au temps et les ordonnées proportionnelles au volume de l'eau qui s'écoule à chaque instant. Donc l'examen de la courbe permet de recomposer toutes les phases de l'écoulement qui se trouvent ainsi enregistrées d'une manière automatique.

Pour obtenir des déplacements verticaux exactement proportionnels aux surfaces annulaires d'écoulement, il faudrait adopter, non pas un tuyau tronc-conique, mais un tuyau profilé suivant une courbe du second degré, ce qu'il est facile de faire.

En réalité, l'approximation précédente est suffisante, et l'on peut s'en contenter.

Le papier enroulé sur le cylindre P, de 0^m,152 de diamètre, est divisé par vingt-quatre lignes verticales en vingt-quatre espaces, dont chacun est traversé en une heure par le crayon ; il est divisé par des lignes horizontales en soixante-deux bandes horizontales, et la hauteur de chacune correspond à un écoulement de 100 gallons ou de 454 litres par heure, de sorte que l'appareil permet de mesurer un écoulement de 28 148 litres à l'heure.

Il va sans dire que l'on gradue l'appareil par des expériences directes en agissant sur le contrepoids M.

Usage du compteur des pertes. — La ville est partagée en districts à chacun desquels correspond un compteur des pertes interposé entre la conduite principale et la conduite de service, ainsi qu'il a été expliqué au paragraphe précédent. C'est en considérant la consommation et le nombre d'habitants qu'on fait la division en districts ; l'amplitude du district est limitée par la puissance du compteur, qui ne peut débiter plus de 28 148 litres à l'heure

A l'origine de l'établissement du service, les pertes étaient très considérables ; depuis que fonctionne le service pour la suppression des pertes, elles ont énormément diminué, et l'on a pu réunir ensemble plusieurs districts.

Au 10 avril 1875, Liverpool comptait 120 districts ; la population contrôlée était de 306 912 habitants et la population moyenne d'un district de 2 557 habitants.

A chaque district correspond un compteur des pertes.

On a commencé par déterminer la consommation quotidienne, alors que le service intermittent fonctionnait seul ; puis on a établi le service constant, sans rien faire pour supprimer les pertes, et l'on a déterminé la consommation au moyen des diagrammes. Les diagrammes de sept jours consécutifs étaient marqués sur le cylindre.

On établit ensuite à chaque branchement un robinet d'arrêt, robinet à vis, fixé avec le plus grand soin, et l'on fit le recensement exact

des habitants du district, ainsi que de tous les appareils de distribution. Ce recensement fut inscrit sur des tableaux détaillés. Ce travail fait, on commença l'importante opération des inspections de nuit. C'est aux inspections de nuit que tient tout spécialement le succès du système.

Le directeur examine les diagrammes et conclut de cet examen quels sont les districts où il y a le plus d'économie à faire ; il les désigne pour être visités la nuit suivante, et dans cette prévision l'inspecteur change le papier enroulé sur le cylindre du compteur.

A partir de 11 heures du soir, les agents de l'inspection s'en vont par couple et procèdent comme il suit : chaque homme prend un côté de la rue, lève les couvercles des robinets et visite ces robinets un par un pour voir si l'eau passe dans les propriétés riveraines. L'homme applique la clef sur la tête du robinet et met son oreille en contact avec la clef ; s'il ne perçoit aucun son, c'est que l'eau ne passe pas ; au contraire, si l'eau passe, elle détermine dans la clef une trépidation et un bruit que l'oreille perçoit et dont l'intensité permet de juger de la valeur de l'écoulement.

On peut, avec avantage, substituer à la clef massive un tube léger en fer creux qui transmet beaucoup mieux les vibrations.

Cette opération se fait le robinet étant ouvert ; on le ferme ensuite et l'on voit si le bruit persiste, auquel cas la perte a lieu par la conduite de la rue ; en comparant alors les bruits produits au passage de plusieurs robinets successifs, on arrive à déterminer celui qui est le plus près de la fuite ; les agents auscultent, pour ainsi dire, les dalles et les bordures du trottoir, et arrivent en bien des cas à déterminer la position du défaut.

On note avec soin l'heure à laquelle ont été fermés les robinets où des pertes ont été constatées.

D'un autre côté, le compteur enregistre automatiquement les pertes ; l'examen du diagramme permet au directeur de déterminer, à quelques minutes près, l'époque à laquelle les inspecteurs de nuit ont commencé leur travail ou quitté le district ; il lui permet de connaître, en outre, par comparaison avec le tableau des opérations de la nuit, la position et la valeur des fuites les plus importantes.

A 6 heures du matin, les agents de l'inspection rentrent et remettent leur rapport de la nuit ; copie de ce rapport est donnée à l'inspecteur du jour, qui part à 9 heures du matin, accompagné d'un ouvrier pour fouiller le sol et rechercher les fuites, et s'occupe de fixer les causes des pertes signalées. Proviennent-elles des tuyaux et appareils privés, sommation est faite aux propriétaires de réparer ou de renouveler ces tuyaux et appareils. Proviennent-elles, au contraire, du sys-

tème public, la Compagnie des Eaux s'empresse de remédier au mal.

Les fuites qui pourraient exister sur les principaux tuyaux de distribution sont relevées par le diagramme qu'on obtient en fermant tous les robinets d'arrêt des propriétés privées. Si le crayon trace une ligne horizontale, c'est l'indice de fuites constantes dont la valeur se trouve mesurée; si, au contraire, le crayon éprouve des oscillations verticales, c'est qu'il existe sur le tuyau des branchements cachés, non munis de robinets d'arrêt.

Par l'auscultation de nuit et par une recherche attentive, on arrive assez vite à préciser l'emplacement des pertes; si quelque difficulté se présente, on examine avec soin les égouts, et l'existence de suintements à travers les maçonneries donne de précieuses indications sur la position des fuites.

Le prix d'application du système du compteur des pertes s'est élevé à 360 francs par mille personnes dans les districts où les robinets d'arrêt étaient déjà établis.

Résultats obtenus à Liverpool. — En 1858, on établit dans toute la ville de Liverpool une distribution d'eau avec service constant, distribution qui paraissait calculée sur d'assez larges bases pour satisfaire à la consommation croissante pendant de longues années. En 1865, on se vit forcé de supprimer le service constant et de réduire, dans toute la ville, la durée de l'alimentation d'abord à douze heures, puis à sept heures et enfin à trois heures par jour; cependant, la consommation moyenne par tête et par jour atteignait 102 litres, non compris les prises d'eau industrielles.

On chercha à accroître la quantité d'eau disponible, mais il fallut néanmoins substituer au service constant le service intermittent, c'est-à-dire alimenter les quartiers les uns après les autres, tout en réduisant le nombre des heures de service.

Cependant on avait institué des inspecteurs de jour qui procédaient à des visites domiciliaires régulières; le nombre de ces inspecteurs allait toujours croissant, mais, bien que leur influence fût réelle, ils ne parvinrent pas à améliorer sensiblement la situation.

Au contraire, l'amélioration fut immense lorsqu'on eut recours aux inspections de nuit. Elles présentent plusieurs avantages: 1° elles ne se font pas dans tous les districts sans distinction, mais seulement dans ceux où le compteur des pertes a montré que le mal était le plus grand; 2° elles n'ont jamais lieu que dans des districts où l'on est certain qu'il existe des fuites, et il n'y a pas de temps ni d'activité de perdus; 3° elles permettent de découvrir les fuites cachées et continues, c'est-à-dire celles qui sont de beaucoup les plus importantes, et que l'inspection domiciliaire de jour est impuissante à découvrir.

Dans certains districts, alors que l'inspection de jour la plus rigoureuse avait réduit la consommation par tête et par jour de 93 litres à 78, l'inspection de nuit, substituée à la première, a abaissé la consommation à 46 litres ; c'est une économie de moitié.

La méthode du compteur des pertes permet encore de procéder à coup sûr au renouvellement des tuyaux de service ; il y a des villes anglaises où il existe des tuyaux de toute espèce, depuis le tuyau de bois primitif jusqu'au tuyau de fonte perfectionné, et l'on a l'habitude de consacrer, chaque année, une certaine somme au renouvellement des tuyaux, en commençant par les plus vieux. Cette méthode est vicieuse, car elle conduit à remplacer des tuyaux qui peuvent encore être en bon état, tandis qu'on laisse en place des tuyaux qui, quoique neufs, sont brisés ou fendus. Ces mécomptes ne sont pas possibles avec l'emploi judicieux du compteur des pertes, qui décèle les tuyaux défectueux, ceux qu'il est réellement utile de remplacer.

Les chiffres suivants montreront bien tout le progrès réalisé par le système du compteur des pertes :

DÉSIGNATION du DISTRICT	POPULATION	CONSOMMATION MAXIMA PAR TÊTE ET PAR JOUR (en litres)				
		AVANT L'INTRODUCTION du compteur			DEPUIS L'APPLICATION du système	
		avec le service intermittent	avec le service constant	de 1 h. à 5 h. du matin (rapportée à 24 heures)	avec le service constant	de 1 h. à 5 h. du matin (rapportée à 24 heures)
		litres	litres	litres	litres	litres
Cottages de dernière classe, 8 à 13 livres de loyer, peu de magasins.....	2 062	88	135	109	40	21
Cottages, peu de magasins et de maisons à cour, loyer de 13 à 22 livres...	1 778	108	151	112	50	27
Maisons de 1 ^{re} classe, 60 à 200 livres de loyer.....	1 856	77	89	72	60	39,5
Maisons, à cour, magasins, quelques cottages.....	2 337	82	130	85	54	23

Ce tableau n'a pas besoin de commentaires ; les pertes absorbaient autrefois les trois quarts de la consommation totale ; aujourd'hui la consommation totale est réduite de plus de moitié et le volume des pertes est, dans certains cas, réduit au cinquième de ce qu'il était autrefois.

Il ne faut pas oublier que cette situation remonte à 1875 et que de grands progrès ont été apportés depuis à l'entretien des canalisations.

Néanmoins il était bon d'insister sur les pertes considérables qui peuvent se produire et qui en fait se produisent dans beaucoup d'installations.

Les fuites par les tuyaux et par les robinets atteignent toujours une certaine proportion, même dans une distribution neuve. Voici par exemple ce que M. Berget a constaté à Albi :

Après l'établissement de la distribution, les fuites sur la conduite de refoulement de 7 600 mètres de long et de 0^m,35 de diamètre s'élevaient à 1 600 litres par heure ; elles comprenaient non seulement les pertes par la conduite elle-même, mais encore celles des nombreux robinets d'arrêt qui se trouvent à l'origine de tous les branchements de distribution.

Le 2 novembre 1886, de 7 heures du soir à 7 heures du matin, les machines étant arrêtées, on a constaté une perte de 63 800 litres, soit 1 litre et demi par seconde ; les bornes-fontaines et les concessions particulières étaient ouvertes, mais la consommation devait y être insignifiante. Le développement de la canalisation est de 22 300 mètres environ. Il faut remarquer que la mise en exploitation était toute récente. La distribution étant calculée sur 40 litres à la seconde, la perte ne serait guère que de 3 à 4 0/0.

A pareille époque, la perte par gaspillage est faible ; mais elle prend en été des proportions considérables.

Manomètres. — Dans toutes les grandes villes, où les distributions d'eau sont bien dirigées, on installe maintenant des *manomètres*, et on les place soit dans les postes de surveillance, soit sur des poteaux en fonte spéciaux, soit sur le fût de becs de gaz. Ces manomètres sont du système anéroïde ; on a eu recours notamment aux types à membranes dont M. Marey s'est servi pour l'étude du mouvement des êtres animés.

Toute variation de pression non expliquée indique une fuite et, en circonscrivant les recherches, on arrive à la découvrir. On peut de même reconnaître les branchements frauduleux, s'il en existe ; on ferme tous les branchements connus, et on voit s'il existe une perte de pression.

A la rigueur, on pourrait disposer des manomètres avertisseurs, qui déclencheraient une sonnerie pour les fuites importantes venant à se produire.

2° Incrustations et tubercules dans les conduites. — Il se produit dans les conduites en fonte des dépôts de diverses natures : des dépôts boueux ou calcaires et des dépôts ferrugineux formés par

action sur la matière même des conduites. Les dépôts boueux sont assez rares et ne peuvent exister que dans les conduites à très faible pression ; il est, en tout cas, facile de s'en débarrasser s'ils deviennent gênants.

Mais les incrustations sont assez fréquentes ; en bien des villes on a vu des conduites diminuer progressivement de débit et finir par s'obstruer sans cause extérieure. On cite une conduite qui, à Cayenne, débitait 1 500 mètres cubes par vingt-quatre heures et dont le débit était tombé à 350 mètres cubes en neuf ans. De même à Grenoble, à Nantes, à Cherbourg, en Algérie, etc.

Il y a trois sortes d'incrustations : les dépôts calcaires, les dépôts ferrugineux, les dépôts vivants :

1° *Dépôts calcaires.* — Le bicarbonate de chaux est soluble dans l'eau en proportion notable ; mais l'excès d'acide carbonique se dégage lorsque l'eau est agitée et exposée à l'air, le carbonate simple ne peut plus rester en dissolution et se dépose sur les parois des conduites, qu'il ne tarde pas à obstruer. C'est le phénomène bien connu des fontaines incrustantes.

Lorsque les dépôts renferment en outre du sulfate de chaux, ces dépôts sont durs et adhérents. En Bavière, on se sert de conduites en bois où les eaux salines déposent une couche de gypse qui obstrue le tuyau en quelques années ; on atténue le mal en faisant circuler de temps en temps dans les conduites de l'eau douce qui redissout le sulfate de chaux.

Les dépôts formés dans les conduites de l'eau séléniteuse d'Arcueil, à Paris, ont la composition suivante :

0,90	de carbonate de chaux ;
0,06	— de magnésie ;
0,022	de sulfate de chaux ;
0,018	de matières organiques et oxyde de fer.
<hr/>	
1,000	

On pourrait à la rigueur se débarrasser des dépôts calcaires en laissant séjourner dans les conduites pendant quelque temps une eau légèrement acidulée à l'acide chlorhydrique ou à l'acide azotique, mais l'opération demanderait à être conduite avec précaution et arrêtée au moment où l'attaque du métal prendrait des proportions dangereuses.

Cependant elle a été quelquefois pratiquée et peut rendre des services, au moins pour désagréger les incrustations que l'on râcle ensuite, comme nous l'expliquerons plus loin.

2° *Dépôts ferrugineux.* — La formation des dépôts ferrugineux, qui

ont affecté à Grenoble et à Cherbourg la forme de tubercules localisés, est nettement expliquée dans *la Chimie technologique* de MM. Debize et Mérijot; nous leur empruntons les lignes suivantes :

« On sait que la rouille se produit seulement quand le fer est en contact avec l'oxygène en présence de l'eau. Mais l'effet de l'eau dans ce cas dépend entièrement des principes qu'elle renferme en dissolution, et l'on est porté à croire notamment que l'azotate d'ammoniaque joué un rôle important. Ce sel, il est vrai, ne se trouve dans les eaux qu'en très faibles doses, mais il existe toujours même dans l'eau distillée.

« La réaction est du reste facile à comprendre : l'acide azotique détermine l'oxydation du fer : il se forme d'abord de l'oxydule qui passe à l'état d'oxyde en empruntant à l'air son oxygène; cet oxyde est précipité à l'état d'hydrate par l'ammoniaque, avec ou sans entraînement des matières organiques, suivant les cas, et l'azotate d'ammoniaque se reformant détermine de nouveau l'attaque du fer. Kersting a fait des essais comparatifs sur l'action de l'eau distillée seule, de l'eau distillée avec divers sels, de l'eau de la Duna et de l'eau du canal de la Duna à Riga. Après douze heures de contact, 5 kilogrammes d'eau avaient enlevé aux tuyaux de fonte les quantités suivantes en milligrammes :

Eau distillée de	17 ^{mg} ,16 à 33 ^{mg} ,66
— avec 1 p. 100 d'azotate de potasse.....	63 36
— — d'azotate d'ammoniaque.....	108 96
— — de carbonate de soude.....	2 64
Eau de la Duna.....	7 92 à 11 54
Eau du canal de la Duna.....	23 08 à 11 54

Après un contact de vingt-quatre heures, la quantité enlevée était :

Pour l'eau distillée.....	39 ^{mg} ,90
— de la Duna.....	101 64
— du canal de la Duna.....	63 36

« Après l'essai, l'eau paraissait trouble, jaune ou verdâtre, et avait souvent une saveur d'encre. Cette saveur, due à l'oxydule dissous, disparaissait du reste aussitôt à l'air, par suite de la formation de l'oxyde.

« L'action de l'eau sur la fonte est donc extrêmement variable et s'élève très notablement par la présence des azotates. En même temps, on voit que le carbonate de soude, en donnant une réaction alcaline à l'eau, réduit notablement l'attaque. Dans certaines circonstances, d'ail-

leurs assez rares, probablement quand l'eau et le fer possèdent à la fois les conditions propres à une action chimique, il se forme par l'oxydation du fer des excroissances tuberculeuses qui peuvent devenir assez fortes, comme on l'a vu, par exemple à Grenoble, pour réduire de moitié le débit de la conduite. Les dépôts rencontrés à Grenoble contenaient de l'oxydure et de l'oxyde de fer avec de l'acide carbonique, de l'eau, de la silice et du graphite. Ils se forment de préférence en certains points, beaucoup plus facilement sur la fonte grise que sur la fonte blanche, et, quand ces deux variétés de fonte existent à la fois, exclusivement sur la grise. Leur formation est facilitée par la présence du sel marin. Dans une dissolution saturée de chlorure de sodium et de carbonate de soude, étendue de 75 volumes d'eau aérée, l'oxydation se produit déjà au bout d'une minute (Payen). On n'a pas d'ailleurs cherché si l'azotate d'ammoniaque intervenait dans ces formations, parce qu'on ne connaissait pas à cette époque son action. Dans le sol de Paris, les tuyaux en fonte se rouillent très vite, probablement par suite de la prédisposition de ces terrains à donner des nitrates. Dans d'autres cas, les conduites ont été retrouvées au bout de deux cent cinquante ans parfaitement intactes.

« Comme la rouille et les dépôts ferrugineux n'atteignent que très rarement des proportions nuisibles, on néglige, en général, de prendre aucune précaution contre ces sortes d'altérations, ou bien l'on se borne à enduire le tuyau, avant la pose, d'un lait de chaux. On devrait de préférence, et bien que cette opération entraîne plus de travail et plus de frais, peindre l'intérieur du tuyau fortement chauffé, soit avec de l'huile de lin, soit avec du goudron. »

Les tubercules, étudiés à Grenoble en 1833, étaient très irréguliers; leur forme était celle d'une moitié de poire dont la queue serait dirigée vers l'origine de la source; ils étaient isolés ou groupés; noirs, devenant jaunes au contact de l'air, à surface raboteuse, composés de couches friables et molles, se détachant facilement.

La formation de ces tubercules a toujours été plus importante dans les conduites où l'eau séjourne ou qu'elle parcourt à faible vitesse; les eaux chargées de matières organiques végétales engendrent les tubercules.

En 1850, M. l'ingénieur des Ponts et Chaussées Gaudin a trouvé à Cherbourg une conduite de 2 500 mètres de long et de 0^m,48 de diamètre, posée en 1838, complètement tapissée de tubercules qui n'avaient pas moins de 0^m,05 de relief et qui ne pouvaient être séparés de leur base que par le chauffage du tuyau au rouge ou par une action très énergique de l'acier; leur aspect était, du reste, analogue à celui des tubercules de Grenoble et ils prenaient naissance dans une eau

relativement pure. Leur substance était prise au métal même de la conduite.

M. Gaudin a imaginé, pour débarrasser les conduites, un appareil dont l'usage s'est conservé ; c'est le hérisson en fer à grattoirs d'acier. Il dépensa 3 francs par mètre courant pour désobstruer la conduite.

Ayant dégagé une section de conduite, on peut y introduire à l'aide d'un flotteur qui suit le courant de l'eau une ficelle qui permet ensuite d'introduire un cordage ; sur le cordage est monté le hérisson ; une équipe d'ouvriers, placés à chaque bout du cordage, lui imprime un mouvement de va-et-vient et ramone ainsi le tuyau.

On a même fait un *hérisson automobile*, dont la figure 29 représente un type ; on en établit de plus armés et de plus compliqués. Les râcloirs ou grattoirs sont montés à l'extrémité de branches flexibles inclinées sur un arbre rigide, et cet arbre porte à l'arrière un piston en cuir d'un diamètre un peu inférieur à celui du tuyau. On introduit l'appareil dans le tuyau et on comprime l'eau derrière lui, il s'avance plus ou moins vite en râclant les parois et le courant d'eau qui s'échappe au pourtour entraîne les détritns. Il y a toujours le danger de la ren-

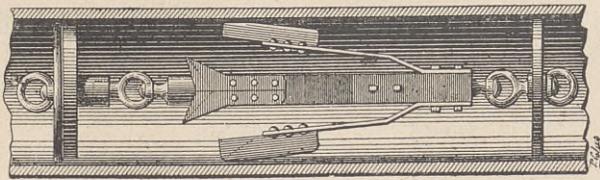


Fig. 29.

contre d'un obstacle invincible, et le hérisson à cordages paraît plus sûr, particulièrement pour les conduites très engorgées. On a fait des hérissons automobiles, analogues à celui de la figure 29, mais ayant un plus grand nombre de lames et montés sur galets qui favorisent le mouvement de progression.

Ce mouvement est, du reste, accompagné d'un bruit spécial, que les ouvriers appellent le chant du hérisson, les modulations de ce bruit permettent de suivre et d'apprécier le travail de l'appareil et de reconnaître quand il s'arrête. Certains hérissons portent, au lieu d'un piston, une sorte de turbine que la pression fait tourner, et les grattoirs tournent en même temps.

3° *Dépôts vivants*. — Les conduites anciennes, notamment celles en cul-de-sac ou celles que parcourt une eau à faible vitesse, sont parfois peuplées d'une faune variée : des mollusques, des algues, des infu-

soires, qui peuvent donner une eau nuisible ou désagréable comme odeur et saveur.

Un lavage sous pression suffit à expulser ces organismes, s'ils ne sont pas adhérents. Dans le cas contraire, il faut recourir au hérissou. L'introduction d'une eau légèrement acidulée peut aussi les faire mourir, et une chasse sous pression expulse le tout.

3° Cantonnements d'air. — Lorsqu'une conduite est remplie d'eau et qu'on vient à arrêter instantanément l'écoulement, la force vive de la masse liquide s'absorbe en compressions ou vibrations, en déformations, en retour du liquide sur lui-même ; si l'enveloppe n'est pas suffisamment résistante, elle se déchire, mais il ne se produit pas d'explosion dangereuse, car l'eau n'a pas de force expansive, et le choc des jets liquides qui s'échappent est seul à redouter.

Il n'en est point de même quand une certaine quantité d'air est emmagasinée dans la conduite.

Soit un tuyau de 0^m,50 de diamètre et de 100 mètres de long ; il renferme 196 350 kilogrammes d'eau ; supposons que la pression à son extrémité soit de 2 atmosphères, ou 2 fois 10 330 kilogrammes par mètre carré ; un volume V d'air est emprisonné à cette extrémité et sa pression P est, par conséquent, égale à 2 atmosphères. Brusquement on imprime au liquide une vitesse moyenne de 1 mètre à la seconde.

Il possède alors une demi-force vive :

$$\frac{mv^2}{2} \quad \text{ou} \quad \frac{196.350}{2.g} \times 1,$$

soit 10 015 kilogrammètres.

Cette demi-force vive se transforme en travail de compression de l'air confiné qui passe à la pression P' et au volume V' ; d'après la loi de Mariotte, on a :

$$PV = P'V',$$

et le travail absorbé par l'air qui se comprime est représenté par l'expression :

$$P.V. \log. \text{hyp.} \frac{P'}{P}.$$

Le logarithme hyperbolique est égal au logarithme ordinaire multiplié par 2,3, d'où l'équation :

$$\frac{mv^2}{2} = 2,3.PV. \log. \frac{P'}{P}.$$

Dans le cas actuel, on a donc l'équation :

$$10\ 045 = 2,3 \times 2 \times 10\ 330. V. \log. \frac{P'}{P}.$$

Si le volume d'air est de 200 litres ou $\frac{1}{5}$ de mètre cube, on trouve que $\frac{P'}{P}$ est à peu près égal à 12.

La pression de l'air confiné passerait donc de 2 à 24 atmosphères ; il est probable que le tuyau ne résisterait pas et qu'une explosion se produirait, des éclats dangereux se projetteraient en tous sens.

Sans doute les choses ne se passeraient pas absolument comme nous l'avons supposé, les réactions du liquide lui-même et de son enveloppe se partageraient le travail mécanique, surtout si le phénomène n'était pas instantané et que les réactions eussent le temps de se propager dans la masse liquide, ce qu'elles font, comme nous savons, avec une grande vitesse.

Néanmoins les faits peuvent se rapprocher de la théorie lorsqu'on vient par exemple à ouvrir, puis à fermer brusquement le robinet d'une conduite qui renferme un magasin d'air.

C'est à cette cause notamment qu'il faut attribuer certains accidents terribles survenus dans les ascenseurs : quand, après un chômage prolongé ou après des réparations, on remet brusquement un ascenseur en marche, il y a des chances pour que le tuyau d'amenée soit plein d'air ; la rentrée subite de l'eau comprime cet air, et il peut se faire que le piston plongeur et l'ascenseur soient projetés violemment. L'appareil de sécurité inventé par M. Edoux a supprimé ce danger.

Le calcul montre que les grandes pressions peuvent se développer par la même cause dans des tuyaux de faible section et de petit diamètre, aussi bien que dans de grands tuyaux, comme celui que nous supposons tout à l'heure.

Soit une conduite de 0^m,027 de diamètre et de 50 mètres de long ; sa section est de 0^m2,000573 et, sur sa longueur, elle renferme 28 litres d'eau ou 28 kilogrammes. Si cette eau est animée d'une vitesse de 1 mètre, sa demi-force vive est égale à 1,4 kilogrammètres. Supposons près du robinet un magasin d'air de 1 décilitre qui était à la pression atmosphérique lorsque l'eau de la conduite était sans vitesse, nous avons l'équation :

$$1,4 = 10\ 330 \times 0,0001 \times 2,3 \log. \frac{P'}{P}, \quad \text{ou} \quad \log. \frac{P'}{P} = 0,6;$$

la pression P' est donc d'environ 4 atmosphères et, si la vitesse moyenne du liquide était de 2 mètres, elle serait de 16 atmosphères.

Le travail emmagasiné par l'eau en mouvement croissant en progression arithmétique, la pression finale de l'air comprimé croît en progression géométrique. Or le travail emmagasiné est proportionnel à la section de la conduite, à sa longueur et au carré de la vitesse de l'eau qui la parcourt ; il faut donc se méfier surtout des grandes et longues conduites et ne pas y chercher de grandes vitesses. Il est rare que l'on dépasse dans la pratique les vitesses moyennes d'un mètre.

Il y a dans les calculs qui précèdent un point faible : c'est que la pression finale de l'air confiné serait d'autant plus forte et le danger d'autant plus grand que le volume de cet air serait moindre ; c'est vrai en théorie, mais, en fait, si le volume d'air est petit, il est facilement expulsé au moment même où l'on ouvre le robinet, quelle que soit la vitesse que l'on met à le refermer.

Il ne faut pas oublier non plus que ces calculs supposent un arrêt instantané de l'écoulement, qui ne se réalise pas dans la pratique.

Il faut en retenir que les robinets à manœuvre très rapide ne valent rien.

Expulsion de l'air confiné. — L'air confiné dans une portion de conduite est donc très dangereux parfois et, quand il ne l'est pas, il a tout au moins le grave inconvénient de réduire ou d'annuler la section d'écoulement. Autrefois on ne s'expliquait pas les causes qui pouvaient ainsi arrêter l'écoulement d'un tuyau après quelque temps de bon fonctionnement ; elles tenaient uniquement à une rentrée d'air ou à un dégagement de celui que l'eau tenait en dissolution et qu'elle abandonnait par diminution de pression.

Les cantonnements d'air se produisent surtout aux points hauts des conduites ; il faut donc, en tous les points hauts d'un réseau, offrir à l'air une porte de sortie. Dans les conduites de distribution, les portes sont nombreuses, on trouve à tous les points hauts des bornes-fontaines, des bouches d'arrosage, des branchements particuliers. L'air s'en va de lui-même et souvent on le voit se dégager en petites bulles de l'eau que l'on tire à un robinet et qui paraît trouble et mousseuse, mais qui s'éclaircit rapidement.

Dans les conduites d'amenée, il est nécessaire de disposer aux points hauts soit des colonnes piézométriques, soit des ventouses automatiques, soit des robinets qu'on ouvre périodiquement ; aujourd'hui on se contente d'ordinaire des robinets sur les grosses conduites.

Comme le fait remarquer M. Lapeyre, dans son livre sur la pression hydraulique, les cantonnements d'air se produisent non seulement aux

points hauts, mais encore *sur les parties horizontales des conduites dans les coudes à petit rayon*, et le courant liquide a souvent bien de la peine à les faire disparaître ; il est donc bon d'avoir en ces points des robinets de purge lorsque la conduite est exposée à de fréquentes vidanges.

En exécutant, pour le canal de Manosque, le grand siphon de Volx, qui a 1 kilomètre de longueur et 80 mètres de charge, M. Dyrion avait placé des ventouses à tous les coudes. « A la suite de plusieurs coups de bélier provoqués par le dégagement de l'air qui était entré dans le siphon pendant le remplissage et s'était ensuite dégagé et dilaté sous l'action du soleil, il a dû constater que ces ventouses n'étaient pas suffisantes, et il a été conduit à percer sur toute la longueur de l'arête supérieure du siphon de nombreux trous qui, ouverts pendant le remplissage, donnaient des dégagements à l'air et faisaient ressembler les tuyaux à de longues flûtes avec des trous distants de 25 à 30 mètres les uns des autres. »

C'est principalement lors du remplissage d'une conduite que les cantonnements d'air peuvent donner des ennuis et offrir quelque danger, surtout lorsque la manœuvre est confiée à des agents dépourvus de méthode et d'expérience.

Dans ce cas, il faut d'abord ouvrir partout un passage à l'air et ne fermer les robinets de purge que lorsque l'eau y est arrivée et y a pris un écoulement continu. On ne doit pas chercher à introduire l'eau par un écoulement à gueule-bée, il faut au contraire qu'elle circule dans la conduite sans en remplir la section.

Aussi, lorsqu'on ouvre le robinet de communication entre une section pleine et une section vide, *il ne faut pas l'ouvrir en grand*, il faut, au contraire, *procéder avec lenteur*. Le sifflement de l'air qui s'échappe d'une grosse conduite, même remplie avec lenteur, est l'indice de l'inconvénient qu'il y aurait à vouloir précipiter le mouvement.

Pour le remplissage des sections successives d'une grosse conduite, on dispose maintenant, et avec grande raison, des *conduites nourricières* de diamètre réduit et c'est par elles que s'établit la communication, sans qu'on ait à craindre des coups de béliers destructeurs. Nous avons signalé un exemple de ce système dans la conduite d'aménée des eaux de Naples.

Entretien d'un réseau de conduites. — Les observations qui précèdent enseignent ce qu'il y a à faire pour le bon entretien d'un réseau.

L'ennemi principal à rechercher et à poursuivre, ce sont les fuites, car elles proviennent soit d'une rupture de tuyau, soit d'un joint avarié, et il importe de les arrêter sans retard, car le mal s'aggrave vite.

Sans doute, les fuites ne sont pas toujours faciles à découvrir, car il arrive qu'elles ne se manifestent pas à la surface du sol ; l'usage plus répandu du manomètre, même dans un petit réseau, rendrait à ce point de vue de grands services.

Lorsqu'une diminution de débit se manifeste et qu'elle n'est pas due à une fuite, elle peut tenir à un engorgement de conduite, à des incrustations, à un cantonnement d'air ; c'est par tâtonnements qu'on arrive à découvrir le siège du mal.

L'entretien des conduites et de leurs appareils accessoires exige donc une surveillance intelligente et assidue. Toute avarie doit être réparée sans retard.

Prix de l'entretien au mètre courant. — La Ville de Paris paye à ses entrepreneurs 0^{fr},08 par mètre courant et par an pour l'entretien de son réseau.

Ce prix serait trop élevé en province, et on peut facilement l'abaisser de 3 à 5 centimes dans les conditions ordinaires.

Les devis d'établissement d'un réseau neuf imposent souvent à l'entrepreneur l'entretien de ce réseau pendant un certain temps, trois années par exemple, à raison du prix que nous venons d'indiquer. C'est une bonne mesure, car elle intéresse l'entrepreneur à ne rien négliger dans la pose.

Toutefois, il ne faudrait pas l'adopter pour un travail de peu d'importance, car elle éloignerait les entrepreneurs sérieux en leur imposant une sujétion longue et coûteuse. Dans ce cas, il suffit de mettre l'entretien à leur charge pendant le délai de garantie, c'est-à-dire pendant une année.

CHAPITRE XVIII

RÉSERVOIRS

SOMMAIRE. — Calcul de la capacité à donner à un réservoir. — Profondeur d'eau à admettre. — Bondes et robinets à ménager, indicateurs de niveau. — De la position des réservoirs. — Réservoirs de divers genres : 1° Réservoirs en terre à ciel ouvert; 2° Réservoirs en maçonnerie; réservoir de Lyon; réservoir d'Orléans; réservoirs de Passy en remblai; réservoir de Grenelle à ciel ouvert; réservoir de Villejuif; réservoirs en maçonnerie de Saint-Etienne; réservoir en maçonnerie de Francfort-sur-le-Mein; réservoir en maçonnerie de Montmartre; réservoir de Dunkerque; fissures des réservoirs en maçonnerie; 3° Réservoirs métalliques; cuves-réservoirs en fonte de Tourcoing; réservoir métallique de la ville de Bordeaux; cuves cylindriques à fond sphérique; détails des cuves en tôle à fond sphérique; calcul de la résistance des cuves en tôle à fond sphérique; calcul d'une cuve à fond conique; réservoir en tôle à fond conique de Montmartre; réservoirs métalliques formés d'un long cylindre vertical; variations de la température de l'eau dans les réservoirs en tôle. — Réservoirs-cuves en ciment armé. — Canaux et tunnels servant de réservoirs. — Petits réservoirs à air comprimé, système Carré; réservoirs élévateurs. — Accessoires divers des réservoirs: déversoir de trop-plein pour réservoir à ciel ouvert. — Bâche d'équilibre pour deux réservoirs communiquants, mais de niveau différent. — Alimentation par refoulement de deux réservoirs à niveau différent. — Appareils avertisseurs, indicateurs ou enregistreurs de niveau. — Téléphones.

En présentant la théorie du mouvement de l'eau dans les conduites, nous avons montré l'extrême importance des réservoirs.

Ils constituent le régulateur, le volant d'une distribution d'eau. A chaque instant, ils emmagasinent la différence entre le volume de liquide amené et le volume consommé, ou bien ils combler le déficit entre l'apport et la consommation.

La consommation est essentiellement variable, l'apport est uniforme; qu'il s'agisse d'un aqueduc de dérivation ou de machines élévatoires, on peut sans doute en régler le fonctionnement de manière à proportionner la production à la consommation; mais on sait qu'il est toujours plus économique de faire marcher les machines à l'allure pour laquelle elles ont été construites, et qu'il vaut mieux faire porter la réduction sur la durée journalière du fonctionnement.

Ces considérations font bien sentir l'utilité, la nécessité des réservoirs, qui sont en outre destinés à parer aux chômages des sources

d'alimentation, mais il faut dans ce but leur donner une capacité très supérieure à celle qu'exige leur rôle de volant de la consommation.

Calcul de la capacité à donner à un réservoir. — Ce calcul est analogue à celui que nous avons donné pour déterminer les dimensions d'une citerne, connaissant la consommation journalière et le régime des pluies.

Ce qu'il faut connaître ici, c'est la loi de la consommation horaire.

Cette loi est essentiellement variable suivant les localités. Nous avons donné à la page 65 la loi constatée à Berlin. La figure 30 représente,

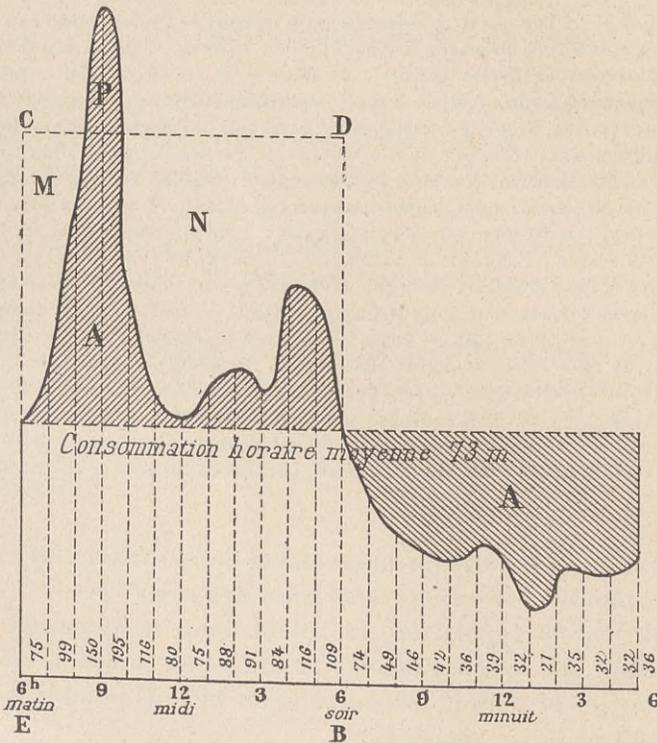


Fig. 30.

d'après M. Marchal, directeur des Eaux de Châlons-sur-Marne, la courbe de la consommation horaire de cette ville, relative à la journée comprise entre le 21 mars six heures du matin et le 22 mars même heure. La consommation horaire moyenne est de 73 mètres cubes, ce qui fait 1 752 mètres cubes pour la journée entière. Supposons une alimentation constante et régulière ; il faudra un réservoir capable d'emmagasiner l'excès d'eau aux heures de moindre consommation ; cet excès

est représenté proportionnellement par la surface A, située au-dessous de la ligne moyenne et égale à la surface A située au dessus.

En faisant la quadrature, on voit que A est égale à la fraction 0,23 de la consommation journalière totale. Dans l'espèce, il suffirait donc d'établir un réservoir capable d'emmagasiner le quart de cette consommation. Il va sans dire qu'il conviendrait de considérer la valeur maxima de cette consommation.

Au lieu d'une alimentation continue, si on a une alimentation régulière par machines, durant par exemple douze heures, de six heures du matin à six heures du soir, le débit horaire de l'alimentation est double de la consommation moyenne, et sa valeur totale est mesurée par le rectangle EBCD ; c'est le total des surfaces M et N qui mesure la capacité à donner au réservoir, et ce total est équivalent à celui des surfaces P et A. La capacité du réservoir ne sera pas beaucoup plus grande dans cette combinaison que dans la précédente ; elle n'atteindra pas la fraction 0,3 de la consommation totale de la journée, et cela se conçoit, puisque l'alimentation fonctionne précisément aux heures de grande consommation. Si, au contraire, les machines d'alimentation fonctionnaient pendant les douze heures de nuit, il faudrait un réservoir d'une contenance égale à la fraction 0,73 de la consommation totale.

D'une manière générale, on peut admettre que la consommation horaire est supérieure à la moyenne de six heures du matin à six heures du soir et qu'elle atteint au maximum une fois et demie la moyenne ; il faut donc que le réservoir puisse emmagasiner le volume mesuré par la surface comprise entre l'horizontale représentant la consommation ; moyenne et la portion de courbe située au-dessus d'elle ; cette surface est assimilable à un segment de parabole ayant pour corde $\frac{1}{2}$ de la journée et pour flèche $\frac{1}{2}$ de la consommation horaire moyenne, elle a donc pour valeur :

$$\frac{2}{3} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \quad \text{ou} \quad \frac{1}{6}$$

On voit d'après cela qu'un réservoir d'une capacité égale au $\frac{1}{6}$ de la consommation journalière serait suffisant soit avec une alimentation continue, soit avec une alimentation de 12 heures. Avec une alimentation de 10 heures, une capacité égale au $\frac{1}{4}$ ou au $\frac{1}{3}$ de la consommation serait suffisante. En Allemagne, les réservoirs aériens, cuves

sur tours en maçonnerie, n'ont souvent que le cinquième de la consommation journalière.

Dans la pratique on adopte des proportions variables, beaucoup plus considérables, parce qu'on veut pouvoir faire face aux chômages possibles de l'alimentation, causés par une avarie à la dérivation ou aux machines.

Pour un danger éventuel il ne faut cependant pas engager une dépense considérable, et il nous semble peu utile de dépasser jamais pour *la capacité des réservoirs la valeur de la consommation d'une journée*. Si les difficultés sont trop grandes et la dépense élevée, on peut même sans danger se borner à la demi-consommation quotidienne.

A notre sens, on tombe dans un excès plus nuisible qu'utile lorsqu'on adopte des réservoirs de dimensions exagérées, renfermant la consommation de plusieurs jours, à moins qu'il n'y ait nécessité d'obtenir une certaine décantation. L'eau qui séjourne ne s'améliore pas, et il y a des portions de ces grands réservoirs qui peuvent n'être renouvelées qu'à de longs intervalles.

Il convient donc de ne pas se lancer à fond dans la construction des réservoirs lorsqu'on établit une distribution d'eau, mais il est bon de réserver l'avenir et de ménager la place d'agrandissements progressifs.

Dans certains cas, il est presque impossible de créer de grands réservoirs : lorsque, par exemple, il s'agit de desservir une grande ville s'étendant dans une plaine qu'aucun mamelon ne domine, il faut recourir à un réservoir aérien monté sur tour. On ne peut dans ce cas donner au réservoir qu'une capacité restreinte, et il faut que les machines soient susceptibles d'un travail variable, proportionné à chaque instant aux besoins à desservir. Si l'eau arrive par dérivation, le débit d'arrivée doit être parfois supérieur à la consommation et, si le réservoir est trop petit, on voit son rôle réduit à celui de régulateur de pression.

Dans la pratique, on ne voit pas de règles précises adoptées pour la capacité des réservoirs. En France, il est rare qu'on n'ait pas une capacité au moins égale à la consommation d'une journée et très souvent elle est supérieure. En Allemagne, la proportion est souvent moindre ; ainsi à Cologne la capacité des réservoirs est la fraction 0,14 de la consommation journalière, Strasbourg 0,17, Leipzig 0,23, Altona 0,33, Danzig 0,38, Kœnigsberg 0,42, Dresde 0,74, Wiesbaden 1,446, Potsdam 2,25.

Avec les réservoirs métalliques aériens, on est naturellement conduit à adopter des capacités réduites.

Profondeur d'eau à admettre dans un réservoir. — Pour empêcher les variations de température et le développement des végétations, il ne faut pas que la profondeur d'eau tombe au-dessous de 2^m,50 ou 3 mètres.

Au point de vue économique, il est clair qu'il faut prendre une hauteur d'eau aussi grande que possible ; une grande hauteur a cependant l'inconvénient d'entraîner des variations de pression trop fortes dans le réseau de distribution.

Il ne faut point perdre de vue que la maçonnerie vraiment imperméable à l'eau sous grande pression n'existe guère ; nous ne conseillerons donc à personne de dépasser, dans les cas ordinaires, une profondeur d'eau de 4 à 5 mètres dans les réservoirs en maçonnerie, et il sera toujours bon de ménager sous les radiers un drainage aboutissant à un puisard extérieur, qui permettra de reconnaître les infiltrations, de les aveugler et d'éviter les sous-pressions.

Avec les réservoirs métalliques la hauteur d'eau n'est plus limitée ; dans les grands tubes verticaux, on peut aller jusqu'à 30 mètres ; mais il est clair que les variations de pression ont alors une grande amplitude et que la partie basse de la capacité du réservoir est presque toujours inutilisée.

Bondes et robinets à ménager dans un réservoir ; indicateurs de niveau. — Le fonctionnement normal d'un réservoir exige une tuyauterie et une robinetterie bien combinée.

Il y a d'abord le tuyau d'arrivée de l'eau, dérivation ou refoulement. Généralement, ce tuyau débouche au niveau du plan d'eau supérieur du réservoir ; on ne rencontre d'exception que dans les cas où le tuyau d'amenée est en même temps alimentaire du réseau de distribution, disposition assez rare, qui a ses avantages et ses inconvénients.

Des vannes ou des robinets permettent d'introduire l'eau à volonté dans les divers compartiments du réservoir ; il est bon, en effet, d'avoir au moins deux compartiments dans un réservoir, afin de pouvoir les nettoyer et les vider à l'occasion sans interrompre le service ; mais ce n'est pas une absolue nécessité, surtout quand on a soin de disposer une communication directe avec robinet entre le tuyau d'arrivée et le tuyau de distribution.

Quand l'eau est refoulée par machines, des *indicateurs de niveau* indiquent sans cesse au mécanicien la hauteur de l'eau dans les réservoirs, et naturellement il arrête sa machine dès que le niveau supérieur est atteint. Le tuyau de trop-plein qui présente son embouchure horizontale à ce niveau fonctionne donc rarement. Mais, presque toujours, quand l'eau arrive par dérivation, on ne l'arrête jamais, et le

trop-plein du réservoir fonctionne fréquemment. C'est un tort, puisqu'on risque d'appauvrir inutilement les réserves souterraines et les sources, à moins qu'on ne dispose en tout temps d'un excès d'eau ; mieux vaut adapter au tuyau d'arrivée un *robinet automatique*, relié par un levier à un flotteur qui suit le niveau de l'eau dans le réservoir en se mouvant librement le long d'une tige verticale. Ce système est appliqué fréquemment à l'Étranger ; il a le grand avantage, avec les captations souterraines, de laisser emmagasiné dans le sol l'excès de liquide qui serait inutilisé ; il joue le rôle des barrages que nous avons étudiés en parlant des eaux de Bruxelles et de Liège.

Un troisième tuyau est celui de prise qui, naturellement, débouche au fond du réservoir et même dans une dépression ménagée au-dessous du niveau général de ce fond ; ce tuyau est garni d'une crépine. Il est bon de brancher près de la crépine un tuyau vertical de petit diamètre, s'élevant au-dessus du niveau d'eau du réservoir, et destiné à laisser partir plus facilement l'air qui s'échappe du tuyau de distribution lors des remplissages.

Un quatrième tuyau est celui de vidange qui débouche au-dessous du tuyau de prise dans la même dépression et qui se rend dans le même émissaire que le tuyau de trop-plein.

Il faut un robinet d'arrêt au tuyau de prise et au tuyau de vidange ; il n'en faut pas au tuyau d'arrivée, quand le refoulement est fait par machines, car la fermeture intempestive ou malintentionnée de ce robinet exposerait les machines aux plus graves accidents.

Il n'y a pas non plus de robinet d'arrêt sur le tuyau de trop-plein, car il doit toujours être libre.

De la position des réservoirs. — Dans la pratique, la position des réservoirs est à peu près commandée par le relief du pays et, quand il faut acheter trop cher une forte pression en tous les points du réseau de distribution, on se contente d'une pression réduite ; en tout, le mieux est l'ennemi du bien, c'est-à-dire qu'une solution passable vaut toujours mieux que rien.

En principe, le réservoir doit être placé le plus haut possible, pourvu que la pression dans le réseau n'atteigne pas des valeurs dangereuses ou absolument inutiles. Il est bien rare qu'il y ait avantage à réaliser des charges disponibles supérieures à 30 mètres en tout point, même dans des grandes villes.

Il est bon de ne pas déterminer la position du réservoir d'après la charge strictement nécessaire au moment de l'exécution ; la possibilité d'avoir de l'eau détermine souvent la création de quartiers neufs, plus élevés que les anciens, et on s'expose à regretter de ne pouvoir les desservir convenablement.

Parfois il est bon, quand on le peut sans grands frais, de remonter un réservoir de quelques mètres ; on rend ainsi disponible un travail moteur qui peut servir à élever une partie de l'eau dans un réservoir auxiliaire pour desservir un quartier haut. Dans un projet d'adduction de sources que nous avons étudié pour la ville de Compiègne, nous avons placé l'arrivée de l'eau à 4 mètres au-dessus du réservoir principal ; avec un débit de 50 litres à la seconde, nous avons un travail disponible de 200 kilogrammètres. Ce travail appliqué à une petite turbine et à une pompe pouvait, avec un rendement de 40 0/0, élever 5 litres d'eau par seconde à une hauteur de 15 mètres dans un réservoir auxiliaire.

Nous avons montré, dans le chapitre iv, l'influence qu'exerçait la position du réservoir sur le réseau de distribution, mais il est bon de rappeler les points principaux de la question.

Un réservoir doit se placer le *plus près possible du lieu de consommation* : 1° par raison d'économie ; 2° pour assurer la constance des débits et des charges disponibles. L'idéal serait d'avoir le réservoir au centre de gravité de la zone de consommation.

Nous avons eu à examiner un projet dans lequel le réservoir se trouvait à 3 kilomètres de la ville à desservir. La conduite maîtresse de distribution avait été calculée sur le débit moyen, ce qui était une erreur, puisqu'à certaines heures la consommation peut dans les cas ordinaires atteindre une fois et demie la moyenne. Si on avait conservé le diamètre primitif, il est évident qu'à certaines heures l'eau ne serait pas arrivée aux parties extrêmes du réseau ou n'y serait parvenue qu'avec une charge insuffisante. Si on avait pu rapprocher le réservoir

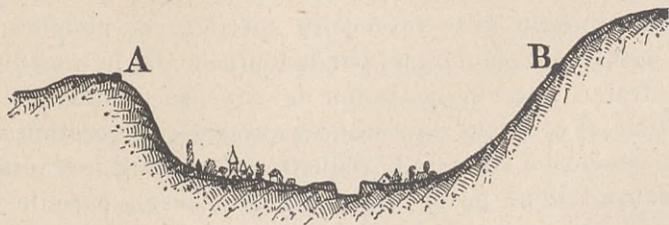


Fig. 31.

voir de la ville, il eût suffi, au contraire, de donner à la conduite supplémentaire d'adduction le diamètre correspondant au débit moyen.

Quand une ville s'étend en longueur dans le sens d'un thalweg, il est clair qu'il faut placer le réservoir sur le coteau en face du centre de l'agglomération, autant que possible.

Mais, quand la ville est à cheval sur une vallée, de quel côté faut-il

placer le réservoir, du côté par où arrivent les eaux ou à l'opposé? Si le réservoir est en A, du côté de l'arrivée des eaux, la conduite maîtresse de distribution doit avoir un diamètre calculé en vue non de la consommation moyenne, mais de la consommation maxima, et encore, aux heures de grande consommation, risque-t-on de voir la charge disponible considérablement réduite à l'autre extrémité de la ville en B. Au contraire, si le réservoir est en B et que la conduite d'amenée traverse toute la ville, il suffit de la rendre alimentaire pour qu'elle puisse recevoir un diamètre correspondant au débit moyen, et même un diamètre décroissant; car l'excès de l'arrivée de la consommation s'emmagasine en B pendant la nuit, et le réservoir B devient alimentaire pendant le jour en même temps que la conduite d'amenée elle-même. La situation est la même que si l'on disposait de deux sources, les débits et les charges sont régularisés.

Mais ce n'est point un système habituel de rendre alimentaire la conduite d'amenée ou de refoulement; comme nous l'avons dit ailleurs, il en résulte une réduction de diamètre et une réduction du travail moteur; mais on impose des variations à ce travail moteur et on risque une interruption complète du service lorsqu'il faut faire des réparations à la conduite d'amenée.

Aussi dans les grandes villes préférera-t-on combiner les deux solutions: placer le réservoir de réception en A, du côté où l'eau arrive, et construire à l'autre bout de l'artère principale un réservoir auxiliaire B de moindre dimension, dont on peut calculer la capacité d'après la zone maxima qu'il sera chargé de desservir aux heures de grande consommation. Dans certaines villes qui présentent des quartiers à des altitudes très différentes, on est arrivé à créer plusieurs zones de distribution avec réservoirs spéciaux et moteurs spéciaux quand il s'agit d'un refoulement par machines. Or, la *multiplicité des moteurs* entraîne une augmentation de dépense première et de frais d'exploitation; il convient de s'assurer que cette majoration ne dépassera pas le bénéfice à tirer de la réduction du travail mécanique total.

On ne saurait donc poser une règle précise en pareille matière; chaque espèce exige une étude attentive.

Avec une zone unique de distribution dans une ville à grandes différences de niveau, on risque de voir pendant l'été, aux moments de très grande consommation, les parties basses tirer toute l'eau à elles au détriment des parties élevées. Cet inconvénient a été signalé à Bruxelles.

D'autre part, quand il existe plusieurs zones, il convient de ménager des liaisons entre elles, afin qu'elles puissent s'alimenter l'une par l'autre en cas de besoin.

RÉSERVOIRS DE DIVERS GENRES

Un réservoir proprement dit est un vase placé à une altitude supérieure à celle de la zone qu'il doit desservir.

Mais on peut, avec certaines dispositions, créer une altitude factice, c'est-à-dire donner à l'eau qu'on envoie dans un réseau de distribution une charge égale à celle qu'elle posséderait si elle descendait d'une hauteur quelconque. Il suffit à cet effet de recourir à des *accumulateurs* ou à des *réservoirs d'air comprimé*.

Les *accumulateurs* pour distribution d'eau n'auraient pas à fournir, comme les accumulateurs ordinaires, de l'eau à 50 atmosphères par exemple, c'est-à-dire l'eau provenant d'un réservoir fictif situé à 500 mètres d'altitude ; il suffirait, en général, qu'ils donnassent de l'eau à 3 atmosphères. Le poids du piston plongeur avec sa surcharge serait donc limité à 3 kilogrammes par centimètre carré de sa section, mais la grosse difficulté serait de faire face aux variations de débit qui se produisent à chaque instant dans une distribution d'eau ; il faudrait installer un piston plongeur de grand diamètre et de grande course, ce qui entraînerait une dépense considérable et un fonctionnement délicat.

L'accumulateur ne serait pratique dans une distribution d'eau que si l'on avait à faire face à un débit d'une grande régularité.

Les *réservoirs à air comprimé* paraissent de nature à donner une solution meilleure. Le système consiste à mettre la cuve de distribution d'eau en communication avec des réservoirs remplis d'air comprimé à quelques atmosphères, et de dimension assez grande pour que les variations du niveau de l'eau se traduisent par de très faibles variations de la pression.

Connaissant la plus grande variation de débit qui peut se produire dans la distribution et la plus grande variation de charge qu'on y peut admettre, il est facile d'en déduire par la loi de Mariotte le volume d'air que doit contenir le réservoir en marche normale.

A Augsburg, la pompe de refoulement est à 10 mètres au-dessous du point le plus haut de la ville ; on veut partout au moins 30 mètres de pression et il faut compter 12^m,50 de perte de charge. Il faut donc avoir au moins 52^m,50 de charge dans le réservoir d'air comprimé. Ce réservoir se compose de quatre cylindres verticaux en tôle et fers spéciaux, de 10 mètres de hauteur et de 1^m,50 de diamètre, d'une capacité de 22^m3,5 chacun. La pompe refoule l'eau dans ces réservoirs d'où part le réseau de distribution.

Il va sans dire cependant que le système ne se prête pas à de grandes variations de débit, et que le mécanicien doit observer soigneusement les variations de la pression pour régler l'allure de sa machine en conséquence.

Les réservoirs à air comprimé ne sont donc qu'un expédient en ce qui touche la distribution d'eau des villes, mais ils peuvent rendre des services pour la distribution dans des édifices isolés, comme nous le verrons ailleurs.

Les réservoirs ordinaires se subdivisent en :

- 1° Réservoirs en terre, à ciel ouvert ;
- 2° Réservoirs en maçonnerie ;
- 3° Réservoirs métalliques.

1° RÉSERVOIRS EN TERRE A CIEL OUVERT

Nous n'entendons pas parler ici des grands réservoirs avec digues étudiés dans un chapitre précédent, mais des petits réservoirs creusés dans la terre dont le type rudimentaire est la mare des campagnes.

Si un réservoir de ce genre est creusé dans un bon sol, si on l'entretient en bon état de propreté, et qu'on ait soin d'en enlever la végétation et les détritrus de tous genres, si, de plus, il est de capacité assez faible pour que l'eau n'y séjourne pas et ne fasse qu'y passer, il peut fournir une eau excellente, car la lumière et le soleil sont des agents actifs de purification ; comme l'eau se renouvelle rapidement, elle n'a pas le temps de s'échauffer ou de se refroidir d'une manière sensible.

Les réservoirs en terre, à ciel ouvert, tels que la nature les a créés à l'origine des sources importantes, ne sont donc pas mauvais en principe, mais ils exigent un entretien et une surveillance assidue afin de les protéger contre toute contamination extérieure. Aussi préfère-t-on le plus souvent les couvrir ; mais il ne faudrait pas s'en faire une règle absolue. Dans une petite distribution d'eau, l'obligation de couvrir le bassin d'une source peut entraîner une dépense relativement forte, alors qu'une clôture, protectrice contre la malveillance, peut suffire.

Les Compagnies de chemins de fer se contentent fréquemment de réservoirs à ciel ouvert pour l'alimentation de leurs gares.

Que l'on recueille le produit d'une source ou qu'on emmagasine l'eau refoulée par une machine, du moment où l'on adopte un réservoir à ciel ouvert il convient, à moins de nécessités particulières, de

l'établir sur plan circulaire afin d'avoir la plus grande capacité pour la moindre surface.

La figure 3, planche 36, montre la coupe d'un de ces réservoirs, alimenté par une conduite de refoulement qui se termine en gorgouille évasée ; il y a naturellement un trop-plein de superficie, recouvert d'un chapeau légèrement surélevé pour empêcher l'obstruction par les feuilles et par les corps flottants ; la bonde de prise d'eau et de vidange est au fond ; si l'on a un puisard accessible, il sera souvent préférable de remplacer la bonde de fond par un robinet-vanne placé dans le puisard.

On donne au fond de ce réservoir, dont la profondeur est ordinairement de 2 mètres, une pente de 0^m,01 vers le départ des eaux.

Les parois et le fond sont composés de 0^m,25 de bon béton hydraulique recouvert d'un enduit en mortier de ciment de 0^m,03 ; la maçonnerie peut s'arrêter à 0^m,05 au-dessus du plan d'eau. Les talus sont à 45°. Il va sans dire que la construction est supposée assise sur un bon sol homogène.

On commence à recourir, pour ces réservoirs à ciel ouvert, ainsi que pour les mares établies en sol perméable, à des *fonds en ciment armé*, composés d'un canevas en fils de fer noyés dans une épaisseur de quelques centimètres de béton de ciment ; l'ensemble forme un revêtement continu dont toutes les parties sont solidaires.

2° RÉSERVOIRS EN MAÇONNERIE

Les murs des réservoirs en maçonnerie se calculent suivant les principes et la méthode que nous avons exposés en traitant des grandes digues.

Ces réservoirs peuvent être en saillie sur le sol ou logés dans le sol.

Les réservoirs aériens ont donné lieu souvent à des accidents et à des mécomptes ; le seul jeu de la dilatation des maçonneries par les variations de température, détermine la création de fissures qui s'agrandissent avec le temps, qui créent des sous-pressions et qui compromettent la stabilité de l'ouvrage. Il n'existe pour ainsi dire ni ponts-canaux, ni réservoirs en maçonnerie étanches.

Nous conseillons donc de renoncer aux réservoirs en maçonnerie aériens ; si nous étions forcé d'y recourir, nous n'hésiterions pas à adopter un revêtement métallique à l'intérieur.

Les réservoirs en maçonnerie ne sont admissibles que s'ils sont éta-

blis, au moins en partie dans le sol, et s'ils sont protégés par un remblai pour la partie extérieure. Même dans ces conditions, il s'y produit presque toujours des fissures.

Il n'y a guère de maçonnerie absolument étanche; cette circonstance conduit à limiter la hauteur d'eau à admettre dans les cuves en maçonnerie; on s'en tient le plus souvent à une hauteur de 4 à 5 mètres.

L'habitude de voûter les réservoirs en maçonnerie est aujourd'hui générale; elle garde à l'eau une température constante et la met à l'abri des contaminations extérieures, mais il faut avoir soin de ménager dans la partie haute de larges orifices de ventilation. Si la température de l'eau qui passe dans le réservoir ne devait pas s'abaisser en hiver et si cette eau ne devait pas rester stagnante, il y aurait beaucoup de chance de n'avoir point à redouter la glace, et la couverture en voûtes pourrait être supprimée; c'est une question de climat. Nous verrons plus loin que l'eau est un mauvais conducteur de la chaleur et que les variations de température s'y propagent lentement, quand elles agissent uniquement par la surface libre.

Des filtrations plus ou moins abondantes se produisent souvent, avons-nous dit, dans le radier des réservoirs; aussi convient-il d'établir un drainage dans le sol sous le radier; ce drainage aboutit à un puisard d'observation. On évite ainsi les sous-pressions et on est prévenu des fissures importantes, ce qui permet de les réparer.

Il est bon de diviser un réservoir en maçonnerie en deux compartiments, afin d'en avoir toujours au moins un en service; mais il ne faut pas s'imposer absolument cette sujétion dans les petites distributions d'eau que l'on doit traiter avec économie; on se contente alors de ménager une communication directe facultative entre la conduite d'amenée et la conduite de distribution.

Nous avons donné précédemment la description des réservoirs d'*Avallon* et de *Dijon*. Nous en décrirons ici quelques autres.

Réservoir de Lyon. — La figure 6 de la planche 36, représente la coupe en travers du réservoir du moyen service à Lyon. La capacité de ce réservoir est de 600 mètres cubes. Il se subdivise en deux compartiments indépendants, qui peuvent néanmoins être mis en communication au moyen d'un robinet-vanne.

Il est construit en maçonnerie de moellons et couvert par deux voûtes en plein cintre supportées par deux culées et par le mur de division du réservoir.

Le déversoir du trop-plein est à 4^m,50 en contre-haut du radier.

Réservoir d'Orléans. — Le réservoir précédent est presque tout entier enfoui dans le sol, et sa construction ne donne lieu à aucune difficulté. Il n'en est pas de même des réservoirs aériens, surtout lorsqu'on les construit entièrement en maçonnerie.

Les figures 1 et 2 de la planche 36 représentent en coupe et en plan le réservoir d'Orléans construit par Mary. Le niveau de l'eau s'y élève à 13 mètres au-dessus du sol environnant.

Le réservoir repose sur un mur extérieur continu et sur cinq murs transversaux qui s'y rattachent à leurs extrémités où ils sont renforcés sur 3^m,70. Ces murs et ces contreforts sont reliés par des voûtes en plein cintre de 3^m,10 de diamètre, qui sont extradossées horizontalement pour former le radier du réservoir ; elles ont 0^m,60 d'épaisseur à la clef.

Le bassin supérieur, qui contient 5 mètres de profondeur d'eau, est renfermé entre quatre murs d'une épaisseur de 5 mètres à la base et de 0^m,60 au sommet dont le parement extérieur a un fruit de 0^m,90, tandis que le parement intérieur est décrit d'un arc de 7^m,60 de rayon. Il est recouvert de voûtes plates en berceau reposant sur des piliers qui reposent eux-mêmes sur l'extrados horizontal des voûtes inférieures.

La poussée des voûtes est détruite autant que possible par des tirants en fer.

La pression qui s'exerce sur la maçonnerie ne dépasse pas 4^{kg},54 par centimètre carré.

Au niveau supérieur des eaux, on a ménagé un déversoir de trop-plein, calculé de manière à pouvoir débiter, avec une charge de 0^m,05 seulement, toute l'eau qui arrive au réservoir.

Il est certain qu'on adopterait aujourd'hui une batterie de cuves en tôle plutôt que cet ouvrage en maçonnerie.

Réservoirs de Passy, en remblai. — Ces réservoirs forment un groupe de trois bassins séparés dont deux sont à double étage (*fig. 3, pl. 34*).

L'étage inférieur est couvert par des voûtes d'arête en plein cintre de 3^m,20 d'ouverture, supportées par des piliers espacés de 4 mètres d'axe en axe, ayant 1 mètre de côté à la base et 0^m,80 à la naissance des voûtes. Celles-ci ont 0^m,35 d'épaisseur à la clef et 0^m,40 aux naissances et forment radier pour le réservoir supérieur. La hauteur maxima de l'eau est de 5 mètres et 2^m,60 ; des conduits pour l'évacuation et la rentrée de l'air sont ménagés, au-dessus de cette hauteur, dans les tours de service ; on avait d'abord ménagé des soupiraux dans les murs

de pourtour, mais il en résultait des courants d'air et des variations brusques de température.

L'étage supérieur est couvert par des voûtes d'arête à deux rangs de briquettes, surbaissées au vingtième, portées par des piliers en briques et mortier de ciment de 0^m,36 de côté.

Les piliers des voûtes sont allongés près du pourtour, afin que les lignes de pression restent à leur intérieur et ne pénètrent pas dans les murs d'enceinte; ceux-ci sont indépendants et n'ont à résister qu'à leur poids et à la poussée de l'eau.

Le bassin supérieur étant plein, la charge à la naissance d'un des piliers de 0^m,80 de côté est de 10^{kg},74, ce qui est peu pour de la maçonnerie de meulière avec mortier de ciment. La section de base sur le sol est de 1^m,50 sur 1^m,50, et la pression par centimètre carré 3^{kg},51.

Pour les petits piliers supérieurs, la charge à la base est de 4^{kg},71, compris le remplissage des reins des voûtes, mais non compris la surcharge en terre.

Pour le mur d'enceinte, la pression ne dépasse 5 kilogrammes dans aucune tranche horizontale; elle est de 4^{kg},22 sur le sol (très résistant, marne compacte du calcaire lacustre de Saint-Ouen).

Une ligne de drains entoure l'enceinte des bassins, à 1^m,50 de distance et à 1^m,30 environ sous le radier, qui n'a que 0^m,30 d'épaisseur; les quelques poches moins résistantes qu'on a rencontrées dans le sol naturel ont été remplies avec du béton maigre.

Radier, piliers et voûtes sont en meulière et mortier de ciment; les murs d'enceinte sont en moellon ordinaire avec parements en meulière; les massifs de maçonnerie sont à mortier de chaux hydraulique.

Le mortier de ciment comprenait 2 volumes de ciment de Vassy en poudre et 5 volumes de sable, soit 380 kilogrammes de ciment et 0^m,95 de sable pour 1 mètre de mortier.

Toutes les maçonneries ont été exécutées avec des soins minutieux: pierres soigneusement grattées et lavées, mouillées en temps sec et chaud au moment de l'emploi, maçonnerie de la veille mise à vif, brossée et lavée.

Les voûtes d'arête supérieures, d'une épaisseur de 0^m,12 dont 0^m,05 de chape, se sont fendillées par l'effet de la dilatation pendant l'été de 1858; on les a recouvertes d'un dallage en bitume, ne pouvant leur donner le revêtement en terre de 0^m,50 de hauteur qu'elles auraient pu supporter.

Les enduits de moins de 0^m,025 d'épaisseur, en ciment de Vassy, ont donné lieu à des suintements à travers les murs de pourtour, lorsqu'ils étaient simplement réglés au tranchant de la truelle, et il a fallu les

récouvrir d'une couche légère de ciment pur appliquée à la taloche ; les enduits réglés à la taloche sont restés étanches.

Dans le premier hiver qui a suivi la construction, quelques fissures se sont produites par l'effet de la contraction. Une fissure notamment s'est étendue sur une section entière des bassins, y compris les murs de pourtour, se manifestant sur les enduits ; elle apparut en novembre, s'ouvrit au maximum à la fin de janvier, s'ouvrant et se resserrant suivant les alternatives de la température.

Ces fissures sont inévitables dans des constructions de ce genre ; nous dirons plus loin comment on les aveugle.

Réservoir de Grenelle à ciel ouvert. — Il reçoit l'eau de l'Ourcq, c'est pourquoi on l'a établi à ciel ouvert.

C'est une cuvette en maçonnerie posée à peu près à la surface du sol sur des piliers en maçonnerie traversant deux étages de carrières pour aller chercher le terrain solide.

Les piliers ont 11^m,80 de hauteur avec un espacement de 4^m,70 d'axe en axe ; leur section est un carré de 2 mètres de côté, sauf pour les piliers de pourtour dont la section est un rectangle de 3 mètres sur 2 mètres. Tous ces piliers supportent des voûtes en plein cintre, soit en berceau, soit en voûte d'arêtes, et sous les voûtes est une crypte en communication avec l'égout voisin qui reçoit toutes les infiltrations.

Le tout supporte deux bassins rectangulaires de 45 mètres sur 21 mètres et de 3^m,50 de profondeur : les murs de pourtour, dallés au sommet, y ont 1 mètre de large avec parement vertical à l'intérieur et parement incliné au quart à l'extérieur : le mur de refend, de 1 mètre d'épaisseur, a ses deux parements verticaux.

Les parements se raccordent avec le radier par des solins en quarts de rond de 1^m,50 de rayon. La maçonnerie est en meulière et mortier de ciment au dosage de 1 de portland pour 4 de sable ; au-dessus du solin l'enduit est en mortier de Vassy, le reste de l'enduit est en portland.

Le réservoir seul, de 6 332 mètres cubes de capacité, a coûté 356 000 francs, soit 56 francs par mètre cube d'eau emmagasiné, mais la difficulté des fondations a considérablement majoré le prix de revient.

Réservoir de Villejuif. — Le réservoir de Villejuif, fondé sur des bancs de gypse, comprend deux bassins de 72 mètres sur 40 mètres recevant une hauteur d'eau de 5 mètres et ayant chacun une capacité nette d'environ 12 500 mètres cubes. Le mur extérieur a 1^m,40 d'épaisseur au sommet, il est vertical à l'intérieur, construit avec redans à

l'extérieur, de sorte que l'épaisseur au niveau du radier est 2^m,10. Le mur de refend a une épaisseur uniforme de 1^m,75; tous les murs sont raccordés au radier par des solins de 2 mètres de rayon. Les voûtes d'arêtes en briquettes portent 0^m,40 de terre végétale (*fig. 4*, pl. 34).

La construction repose sur un radier général en béton, de 2^m,30 d'épaisseur, évidé suivant deux directions rectangulaires par des galeries elliptiques de 1^m,50 de hauteur, qui reçoivent les infiltrations et les conduisent à l'égout et empêchent le gypse sous-jacent de pénétrer par dissolution dans l'eau des réservoirs; ces galeries ont également reçu les diverses conduites.

La pression moyenne transmise au sol est de 1 kilogramme par centimètre carré et la pression à la base des piliers ne dépasse pas 8^{kg},500. La grosse maçonnerie est en meulière et mortier de portland au dosage de 400, 350 ou 300 kilogrammes par mètre cube de sable.

Les enduits ont pour le radier 0^m,03 d'épaisseur et 0^m,02 pour les murs; ils sont au dosage de 1 ciment pour 1 de sable, avec portland pour le radier et les solins et ciment de Vassy pour les murs.

Les poussées des voûtes ne sont pas transmises aux murs de pourtour; les voûtes d'arêtes centrales sont environnées par un cadre de voûtes en berceau reposant sur des murs-culées de 0^m,45 d'épaisseur avec voûtes en arc de cloître aux angles; le tout est en briques et ciment de portland sans enduit.

Les piliers des voûtes d'arêtes ont 0^m,57 à la base et 0^m,45 au sommet. Les voûtelettes sont formées de deux assises de briquettes de 0^m,03 d'épaisseur posées à plat, d'où une épaisseur totale de 0^m,07 avec flèche de 0^m,60 pour une portée de 4 mètres.

Le remplissage des reins est un béton maigre à 175 kilogrammes de portland pour 1 mètre de gravier, recouvert d'une chape formant une série de cuvettes avec gargouilles conduisant dans le réservoir les eaux pluviales recueillies. Cette disposition ne serait pas admissible pour un réservoir à eau potable; il s'agit dans l'espèce d'un réservoir pour le service public.

Les enduits sont exposés à se fendiller; on ne les exécute que lorsque le réservoir est couvert, afin de réduire l'amplitude des variations de température.

Le tuyau d'amenée débouche dans une bêche circulaire munie de deux bondes correspondant aux tuyaux d'alimentation qui arrivent au fond des bassins; le trop-plein et la vidange de la bêche sont également reliés aux bassins.

Des escaliers en fonte à hélice descendent jusqu'au radier et débouchent sur le terre-plein supérieur; il y a une ouverture circulaire pour l'aération et pour la descente des matériaux, et un certain nombre

de hublots en dalles de verre, posés au sommet des voûtes, éclairent l'intérieur.

Les bondes de distribution ont une forme de poire qui diminue les contractions et facilitent l'écoulement; les bondes de vidange sont planes et de moindre diamètre. Le trop-plein débouche au-dessus du niveau maximum de l'eau par un entonnoir conique calculé pour débiter le volume maximum susceptible d'arriver dans le réservoir.

Le prix de revient a été de 57 francs par mètre cube d'eau emmagasiné, chiffre élevé qui s'explique par la forme du radier et par l'importance des terrassements.

La construction des voûtes en briquettes exige des précautions particulières, et nous ne saurions recommander le système pour des réservoirs ordinaires: mieux vaut s'en tenir alors aux voûtelettes en briques de champ avec mortier à 350 kilogrammes de portland.

Les briquettes n'ont que 0^m,027 d'épaisseur; elles sont posées à plat sur les cintres, à joints croisés, et séparées par un lit de mortier à 450 kilogrammes de portland. Celles du premier rang formant arêtiers, dit M. le conducteur principal Dutoit, sont fabriquées spécialement avec un angle relevé de manière à établir une liaison entre deux voûtes voisines; celles du deuxième rang sont taillées à la main. Les briques formant sommiers sur les piliers sont aussi recourbées suivant le rayon des voûtes; les piliers se terminent par quatre faces formant pointe de diamant.

Après avoir construit les voûtes en berceau du pourtour, on cintre en entier et en une seule fois toutes les voûtes d'arêtes d'un compartiment de couverture. On pose d'abord les arêtiers, puis les briquettes ordinaires en remontant des sommiers aux arêtes; les ouvriers marchent sur des planches pour ne pas déformer les parties fraîches.

On peut décintre au bout de trois ou quatre jours.

Réservoirs en maçonnerie de Saint-Étienne. — Établis sur plan carré, ils sont formés de berceaux en plein cintre accolés, de 5^m,20 de diamètre et de 2^m,40 de piédroits (*fig.* 19 et 20, pl. 17).

Les piédroits ont 0^m,80 d'épaisseur aux naissances et 1 mètre à la base; ils sont percés de voûtes en plein cintre de 1 mètre de large et de 2^m,40 de hauteur sous clef, espacées de 2^m,40 d'axe en axe.

Le niveau de l'eau est réglé à 4^m,40 au-dessus du fond et, comme il y a 5 mètres sous clef, il reste 0^m,60 de hauteur d'air au-dessus du niveau maximum de l'eau.

Les murs de pourtour ont 1^m,70 d'épaisseur aux naissances et 1^m,80 au radier, le parement extérieur est vertical et le parement intérieur a

un fruit de 0^m,10 sur 2^m,40 de haut. Le même fruit se trouve sur les piédroits des berceaux, dont l'épaisseur à la clef est de 0^m,40; l'extrados est un arc de cercle de 11^m,45 de rayon; il est recouvert d'une chape en mortier hydraulique de 0^m,08 d'épaisseur.

Un radier en béton porte tout l'ouvrage; son épaisseur, de 0^m,40, est portée à 0^m,70 sous les murs.

Sous le radier de chaque berceau est établi un drain ordinaire en poterie, posé dans un aqueduc à pierres sèches; ces drains se relient à un collecteur qui débouche dans un fossé. Ils suppriment toute chance de sous-pression et décèlent les fuites qui viendraient à se produire.

Pour éclairer chaque berceau et faciliter le passage de l'air, il porte en son milieu un regard de 0^m,80 de côté, fermé par une trappe en tôle percée de trous.

Un bassin de 7 000 mètres cubes, construit sur ce plan, est revenu à 21^m,37 seulement par mètre cube; mais la maçonnerie des massifs, avec mortier de chaux hydraulique du Theil, n'est comptée qu'à 14 francs le mètre cube, et le béton à 17 francs.

Le système n'est évidemment applicable que dans les pays où l'on peut faire de la maçonnerie à très bon marché; partout ailleurs il vaut mieux adopter le système à piliers et voûtes d'arête qui exige, il est vrai, plus de soin et des ouvriers plus habiles, mais qui, proportionnellement, donne un cube de maçonnerie beaucoup moindre.

Réservoir en maçonnerie de Francfort-sur-le-Mein. —

Ce réservoir, de 26 000 mètres cubes de capacité, est divisé en quatre chambres égales, munies chacune d'un trop-plein, d'un robinet de vidange, d'indicateurs de niveau et de bouchés d'aéragé (pl. 24).

Il est recouvert de voûtes en berceau, disposées de manière à former des chicanes et à imposer à l'eau un long parcours entre son point d'arrivée et son point de départ; les ingénieurs allemands attachent plus que nous de l'importance à cette disposition, grâce à laquelle il semble qu'on n'a pas à redouter la formation de masses stagnantes dans certaines parties des réservoirs.

Les voûtes en berceau ont 5 mètres de diamètre d'axe en axe; elles communiquent toutes par leur partie supérieure; la profondeur d'eau normale y est de 4^m,16.

Ces voûtes sont certainement d'une construction plus courante, et peut-être moins sujettes à accidents que nos minces voûtes d'arêtes surbaissées.

Le réservoir a coûté 810 000 marcs, non compris les terrains, soit un million de francs en nombre rond, ou 40 francs par mètre cube emmagasiné.

Un autre réservoir similaire, alimenté par la canalisation intérieure de la ville et situé de l'autre côté du Mein, a coûté, terrains non compris, 305 500 francs, pour une capacité de 5 866 mètres cubes, ce qui porte la dépense à 52 francs par mètre emmagasiné.

Ces renseignements sont extraits de la notice publiée par M. Hirsch dans les *Annales des Ponts et Chaussées* de 1891.

Réservoir en maçonnerie de Montmartre. — Le grand réservoir en maçonnerie de Montmartre, près de l'église du Sacré-Cœur, est un ouvrage fort remarquable, qu'il est inutile de décrire en détails, car il ne trouvera jamais d'application ailleurs; on ne l'a exécuté que parce qu'il était commandé par les circonstances et une construction de ce genre exige une exécution parfaite.

Il est fondé par radier général sur des sables et la pression répartie est de 2^{kg},4 par centimètre carré; l'étage inférieur est une substruction en galeries destinées à recevoir les eaux d'infiltration. Il y a trois étages supérieurs recevant les eaux de diverses provenances et offrant des tranches de 5 mètres, 3^m,50 et 2^m,50 de liquide. Des piliers verticaux superposés supportent les voûtes d'arêtes des étages successifs, les pressions y atteignent 12 kilogrammes par centimètre carré.

La figure 1, planche 34, indique les épaisseurs du mur de pourtour et la disposition des trois étages.

Les mouvements produits par des dilatations inégales sont toujours à redouter dans ces grands massifs de maçonnerie: aussi a-t-on noyé dans les murs des chaînes en fer afin d'empêcher les fissures ou déchirements qui auraient pu se produire entre la face sud et les faces latérales.

La maçonnerie est en mortier de portland au dosage variant de 300 à 450 kilogrammes de ciment par mètre de sable.

Ce réservoir, de 11 000 mètres cubes, est revenu à 103^{fr},50 par mètre cube d'eau emmagasiné; c'est un chiffre très élevé, qui ne peut servir de terme de comparaison; M. Bechmann a donné de cet ouvrage une description sommaire dans les *Annales des Ponts et Chaussées* de 1891, et M. Dutoit une description détaillée dans les *Annales* de 1895.

Réservoir de Dunkerque. — Le réservoir de Dunkerque affecte en plan la forme d'un rectangle de 53 mètres sur 15 mètres; il contient 2 145 mètres cubes avec une hauteur d'eau de 4 mètres.

Il est divisé en trois compartiments dont les murs de séparation sont profilés de telle sorte qu'un des compartiments puisse être vide pendant que son voisin est plein.

Le réservoir proprement dit est supporté par un système de voûtes d'arête de 1^m,85 de portée, reposant sur des piliers de 1^m,15, lesquels s'appuient sur un massif de béton de 0^m,40 d'épaisseur. Ce système de voûtes forme de grandes caves, très utiles comme magasin pour le service des eaux.

Le réservoir proprement dit est recouvert par des voûtes en briques de 1^m,50 d'ouverture, portées par des poutrelles en tôle reposant elles-mêmes sur des colonnettes en fonte de 3 en 3 mètres. Ces voûtes ont 0^m,40 d'épaisseur y compris une chape de 0^m,06 d'épaisseur et supportent le massif du cavalier des fortifications.

L'eau peut s'élever jusqu'à la naissance des voûtes en briques, c'est-à-dire jusqu'à une hauteur de 4 mètres.

Il est certain que l'emploi des colonnes en fonte et des voûtelettes sur poutrelles en tôle ou sur fers à plancher augmente la capacité utile et procure par suite une certaine économie. Mais, si la fonte ne court pas grand risque, il n'en est pas de même des tôles ; soumises sans cesse à l'action d'un courant d'air humide, elles seront rapidement attaquées par la rouille, si elles ne sont pas rigoureusement entretenues comme peinture. Nous n'en recommanderions pas l'usage pour de petites distributions dont les ouvrages sont trop souvent abandonnés à eux-mêmes sans surveillance.

Pour les *petits réservoirs* à exécuter dans les bourgs et dans les campagnes, il faut s'en tenir à des dispositions simples, d'exécution facile ; on se contentera le plus souvent d'une voûte en berceau.

Fissures des réservoirs en maçonnerie. — Comme les digues, comme les ponts-canaux, les réservoirs en maçonnerie sont sujets à des dilatations et à des contractions suivant leur température ; même quand ils reçoivent une eau à température à peu près constante, même quand ils pénètrent en tout ou en partie dans le sol, il est bien rare que des fissures ne se forment pas dans le radier.

Elles s'ouvrent en hiver, se ferment en été, se reforment au changement de saison si on les bouche avec du ciment ou du mastic ; il est impossible de les vaincre.

Les suintements qui en résultent font perdre de l'eau et ont un plus grave inconvénient encore, c'est d'affaiblir et de délayer le terrain de fondation. Pour parer à ce danger, on a été amené dans certains cas, notamment pour quelques grands réservoirs de la ville de Paris, à établir des galeries de drainage sous le radier, afin de recueillir et d'évacuer le produit des filtrations ; ces galeries se prêtent en même temps à un bon aménagement du service des conduites de refoulement et de distribution.

Quant aux fissures, on ne cherche pas à les supprimer.

Voici, d'après M. Dutoit, conducteur principal du service de la Ville, comment on les répare (*fig. 6*, pl. 34) :

« Les fissures se produisent plus généralement dans les radiers que dans les murs de pourtour.

Lorsque la reconnaissance d'une fissure a été faite, on commence par piocher l'enduit de 0^m,03 d'épaisseur, sur une longueur de 0^m,05 à 0^m,06 de chaque côté de la fissure et en mettant à nu la maçonnerie. On dégage complètement la fissure au moyen d'une lame d'acier de manière à en suivre toutes les sinuosités et on lave à grande eau. On introduit ensuite dans la fissure une planchette mince ou une feuille de carton de 0^m,001 à 0^m,002 d'épaisseur, et on exécute de chaque côté un enduit en ciment de Vassy de 0^m,01 d'épaisseur. On retire ensuite la planchette, puis, au moyen de petits réchauds à charbon de bois, on chauffe l'enduit jusqu'à ce qu'il soit bien sec. On applique alors de petites bandes de caoutchouc pur non vulcanisé de 0^m,05 de largeur que l'on colle, au moyen d'une dissolution de caoutchouc dans la benzine, sur l'enduit asséché, en plaçant ces bandes de caoutchouc à cheval sur la fissure.

Le vide, d'environ 0^m,02 d'épaisseur, est ensuite rempli avec du mortier de ciment arasé au niveau du radier.

Cet enduit supérieur se fissure généralement, mais l'eau qui le traverse est arrêtée par la feuille de caoutchouc et le vide de la fissure permet aux mouvements de dilatation de se reproduire. »

3° RÉSERVOIRS MÉTALLIQUES

Les ouvrages métalliques donnent la vraie solution des réservoirs aériens, lorsque la hauteur de ceux-ci au-dessus du sol dépasse quelques mètres. Employés timidement d'abord, ils sont devenus d'un usage courant et se prêtent à toutes les combinaisons de hauteur et de capacité.

Les cuves métalliques arrivent facilement à une étanchéité parfaite qu'on n'obtient jamais avec la maçonnerie.

Elles sont plus sensibles aux variations de la température extérieure, mais le calcul montre qu'il ne faut pas s'exagérer cet inconvénient ; il est, du reste, facile d'y remédier en logeant les cuves dans une enveloppe en maçonnerie de briques ou en charpente ; on peut même garnir de paille le vide entre la cuve et l'enveloppe.

La cuve rectangulaire, autrefois assez répandue, a presque disparu ;

la résistance des tôles, des tirants et des entretoises est d'un calcul difficile. Au contraire, les cuves cylindriques se calculent exactement, à l'aide de la formule applicable à la résistance des tuyaux.

Le fond de ces cuves reposait autrefois sur une terrasse en maçonnerie ou sur un plancher; c'était un fond plat, dont on ne pouvait renouveler la peinture pour les parties en contact avec les solives.

Les fonds coniques ou en calotte sphérique sont bien préférables; ils exigent une construction soignée, mais constituent une solution élégante du problème.

On ne fait plus que des cuves en tôle, mais les cuves en fonte ont reçu jadis quelques applications.

Cuves-réservoirs en fonte de Tourcoing. — Quant on établit en 1863 une distribution d'eau à Roubaix-Tourcoing, on reconnut qu'il fallait établir le réservoir de Tourcoing en remblai de 11^m,40; les ingénieurs reculèrent devant un ouvrage en maçonnerie de cette hauteur et proposèrent des cuves en fonte (*fig. 1, pl. 28*).

Ces cuves ont 5^m,40 de hauteur et 16 mètres de diamètre; on en fit une à Roubaix de 20 mètres de diamètre. Chaque cuve, d'une capacité de 1 080 mètres, a ses parois formées de plaques de 1^m,12 sur 1^m,07, boulonnées à l'extérieur par des collets d'assemblage; les plaques du fond forment six couronnes concentriques ayant 6, 12, 24, 30, 36 et 45 plaques.

Un masticage à la limaille de fer assure l'étanchéité des joints. L'épaisseur des plaques du fond est de 0^m,015 et celle des plaques verticales varie de 0^m,012 à 0^m,020. La fonte, mise en place, a été payée 0^{fr},27 le kilogramme.

Des arceaux en ogive, bien étudiés, forment le soubassement.

Les dépenses se sont élevées à :

Maçonnerie	56 000 fr.
Fonte et joints.....	42 000
Escalier	2 500
Frais divers et canalisation.....	8 000
TOTAL.....	108 500 fr.

soit 50 francs par mètre cube de capacité utile.

On avait songé, dit M. Menche de Loigne en 1878, à installer dans le noyau central un appareil de chauffage actionnant un serpentín dans chaque cuve; mais on a, par une expérience de quatorze années, reconnu que, pour empêcher la congélation, il suffit d'entretenir un mouvement de débit de 100 mètres cubes à l'heure pendant la nuit.

Un drainage est ménagé dans la partie supérieure des maçonneries afin de prévenir la dégradation des voûtes par des fuites accidentelles.

Cet exemple de cuves en fonte est intéressant, mais on ne l'imiterait pas aujourd'hui ; la fonte est plus dangereuse en cas de rupture, ne permet pas l'adoption des fonds sphériques et, malgré son prix élémentaire moindre, donne une construction beaucoup plus coûteuse à cause des plus grandes épaisseurs de métal.

Réservoir métallique de la ville de Bordeaux ; cuve sur plan rectangulaire. — Il fallait asseoir le réservoir sur un sol comprenant : 6 mètres de tourbe et de vase, 12 à 15 mètres de sable maigre, puis le rocher. Une fondation sur pilotis s'imposait.

La capacité à obtenir était de 2 500 mètres cubes avec une hauteur d'eau ne dépassant pas 2 mètres, car l'eau ne pouvait arriver par dérivation à plus de 5 mètres au-dessus du sol naturel, et il fallait réserver au niveau de ce sol une pression d'au moins 3 mètres. D'où la nécessité d'un réservoir de 1 250 mètres carrés de surface.

Projeté par M. Gérard, il se compose de deux bassins accolés, en tôle, de 39^m,50 de long et de 16^m,95 de large, terminés par des arcs de cercle de 9^m,50 de rayon (*fig.* 7 à 9, pl. 36). Les parois longitudinales sont formées de tôles verticales cintrées, arceaux de 3^m,95 de corde et de 6^m,953 de rayon ; la tôle travaillant à la tension à 4 millimètres d'épaisseur. La cloison est en tôle de 8 millimètres raidie par des cornières. Les longues faces sont entretoisées par les tirants des fermes de la couverture qui s'appuient sur la cloison médiane et sur des poteaux en fer double T. Le fond plat, en tôle de 5, est porté par des solives de $\frac{22062,5}{12}$ espacées de 0^m,50 ; le contact n'est pas direct, il se fait par l'intermédiaire de sabots amovibles.

Enfin les solives sont portées par 11 poutres de 0^m,80 de hauteur et de 3^m,95 d'écartement, reposant sur 77 colonnes en fonte de 3^m,85 de haut.

Chaque colonne s'appuie sur un dé en pierre de taille, porté par un carré de béton de 1^m,70 de côté et de 1^m,15 de hauteur, englobant la tête de cinq pieux moisés de 10 à 13 mètres de longueur.

Les bassins sont enveloppés dans un bâtiment en pans de fer avec remplissage en briques de couleurs. La couverture est en tuiles. Des fenêtres éclairent l'intérieur.

On a employé 400 tonnes de métal, dont 80 de fonte.

La dépense totale s'est élevée à 195 000 francs, soit 76 francs par mètre cube utile.

Bien que la construction soit ingénieuse et soignée dans ses détails ;

il nous semble qu'il eût été possible et beaucoup plus simple d'adopter une cuve cylindrique de 40 mètres de diamètre, ou deux cuves isolées de 28 à 29 mètres de diamètre.

On a construit à Buenos-Ayres un réservoir comprenant 12 cuves carrées de 40^m,50 de côté et de 3^m,90 de profondeur portées par un soubassement en colonnes de fonte et poutres métalliques.

Cuves cylindriques à fond sphérique. — C'est le type ordinaire bien connu des réservoirs pour gares de chemins de fer ; mais il est aussi bien applicable aux distributions d'eau et convient notamment aux petites distributions pour bourgs et villages.

La planche 14 représente une cuve double de 160 mètres de capacité, enfermée dans un bâtiment en maçonnerie ; nous avons donné précédemment la description de ce réservoir.

On trouvera sur les planches 29 et 30 des modèles plus petits.

Le fût cylindrique est composé d'anneaux de 1 mètre de hauteur ; en appelant H la hauteur d'eau au-dessus de la base inférieure d'un anneau, D son diamètre, R la tension maxima à imposer à la tôle par mètre carré, soit 6,10⁶, l'épaisseur *e* de l'anneau résulte de l'équation :

$$2R.e = D.H \quad \text{ou} \quad e = \frac{1}{12\,000} H.D$$

mais, quand il s'agit de tôles minces, il vaut mieux diminuer R de moitié et prendre

$$e = \frac{1}{6\,000} H.D.,$$

avec cette restriction qu'on ne descendra jamais au-dessous de 3 millimètres. Ce n'est pas que les tôles minces soient moins résistantes que les autres ; le contraire est plutôt vrai, mais il faut compter avec elles sur les irrégularités d'épaisseur qui prennent une grande importance relative et sur l'action possible de la rouille.

Pour les cuves de grand diamètre et de grande hauteur, qui exigent des tôles épaisses, on peut adopter la valeur ordinaire de R, sauf à forcer les résultats pour parer à la rouille.

Détails des cuves en tôle à fond sphérique. — Ces réservoirs comportent d'abord une série de tuyaux ou de soupapes : tuyau de refoulement, tuyau de trop-plein, soupape et tuyau de vidange, soupape et tuyau de prise d'eau.

Le *tuyau de refoulement*, quand la chose est possible, notamment quand on a deux cuves accolées, se loge en dehors de la cuve ; quand on n'en a qu'une, posée sur une tour en maçonnerie, le tuyau de refoulement traverse le fond sphérique de la cuve, sur le côté de ce fond, et débouche à quelques centimètres, 0^m,06 d'ordinaire, au-dessous du bord supérieur de la cuve ; il convient de le terminer comme le montre la figure 5 planche 30 ; à sa traversée dans le fond sphérique de la cuve, on a un assemblage et un joint au plomb (*fig. 10*, pl. 30).

Le *tuyau de trop-plein* est juxtaposé au précédent, et de même diamètre. Ils sont entretoisés entre eux sur la hauteur, si c'est nécessaire, et les entretoises sont reliées par des ancrages en fer soit aux parois de la cuve en tôle, soit au mur de la tour support. On peut, dans les grands réservoirs, terminer le tuyau de trop-plein par un bout de tuyau conique évasé ; on place son orifice au même niveau que le déversoir du tuyau de refoulement, soit à 0^m,10 au-dessous de la crête de la cuve. Le joint à la traversée du fond sphérique est le même que le précédent.

Le *tuyau de vidange* part du sommet de la calotte sphérique ; on peut se contenter d'un diamètre moindre pour ce tuyau ; on le recourbe horizontalement par un quart de rond et on le fait déboucher dans le tuyau vertical de trop-plein qui se rend à un aqueduc ou à un puisard. La figure 10 donne un type de tuyau de vidange et de soupape, manœuvrée du dehors, à l'aide d'une chaîne avec renvoi de poulies qui monte dans la cuve et redescend à l'extérieur. La soupape peut être remplacée par un robinet placé sur le tuyau ; on monte à une échelle pour le manœuvrer.

Le tuyau de distribution part du fond sphérique de la cuve, sur le côté de ce fond ; il y a ainsi un petit volume perdu pour la capacité du réservoir, mais c'est une bonne chose à cause des dépôts accidentels. La soupape de prise d'eau (*fig. 10*) se manœuvre par une chaîne à renvoi de poulie ; mais il est plus simple de se servir d'un robinet à la base du tuyau vertical ; on réservera la soupape à chaîne aux réservoirs des gares.

Il importe que la hauteur d'eau existant dans le réservoir soit marquée à l'extérieur par une *échelle à voyant mobile* : le voyant suit le mouvement d'une chaîne qui, après avoir passé sur un renvoi de poulies, vient s'accrocher à un flotteur dans la cuve.

D'ordinaire, ce ne sont point les hauteurs d'eau que marque l'index sur son échelle, mais les quantités d'eau en mètres cubes contenues dans la cuve.

Couronne de support. — Appliquée sur le couronnement en pierre dure qui termine la tour, avec interposition d'une feuille de plomb s'il

s'agit de grands réservoirs, la couronne de support de la cuve en tôle se fait d'ordinaire en fonte ; c'est une couronne en fonte, à plusieurs segments qui se boulonnent ensemble (*fig.* 6 à 9, pl. 30). La largeur d'appui sur la maçonnerie est de 0^m,20 ; la hauteur de la couronne est de 0^m,20 pour les petites cuves et de 0^m,30 pour les grandes ; les segments sont fixés à la maçonnerie par des boulons à scellement.

On a fait quelquefois la couronne de support en tôle et fers spéciaux ; la figure 11 en donne un exemple pour une grande cuve de 300 mètres cubes de 7^m,20 de diamètre.

Assemblages. — Il s'agit d'assembler des tôles minces ; aussi l'assemblage se fait-il à recouvrement ; il importe d'assurer l'étanchéité parfaite des joints. Les figures 4, 11 et 12, planche 30 indiquent divers assemblages.

Le point qui doit attirer particulièrement l'attention du constructeur, c'est la *cornière ouverte* qui relie la cuve cylindrique à son fond sphérique ; il est indispensable que cette cornière soit composée d'un métal excellent, qu'elle soit parfaitement dressée, que l'assemblage et la rivure en soient irréprochables.

Le fond sphérique se forme avec des secteurs plans que l'on courbe et que l'on ajuste sur un calibre ; ils s'assemblent sur une petite calotte sphérique centrale.

Le tableau suivant indique les dimensions et les poids de quelques cuves.

DÉSIGNATION de la CUVE	DIAMÈTRE	HAUTEUR TOTALE	RAYON du FOND SPHÉRIQUE	NOMBRE d'anneaux CYLINDRIQUES	HAUTEUR des ANNEAUX	ÉPAISSEUR en MILLIMÈTRES	ÉPAISSEUR du fond sphérique	POIDS des FERS	POIDS de la FONTE	POIDS du PLOMB	POIDS TOTAL	OBSERVATIONS
								kgr.	kgr.	kgr.	kgr.	
Cuve de 300 ^{m3} (P.-L.-M.)	7 ^m ,20	7 ^m ,085	7 ^m	7	4 ^m	3,3,3,3,4,5,6	6	14.053	1.451	236	16.660	Couronne de support en fers et tôles
Cuve de 50 ^{m3} (P.-L.-M.)	4 ^m	4 ^m ,50	4 ^m ,25	4	4 ^m ,019	2,5-3-3,5-4	5	»	»	»	2.750	— à fond plat 250 kgr. de moins
Cuve de 190 ^{m3} (Nord).....	7 ^m	5 ^m ,75	7 ^m ,455	5	4 ^m	3,3,4,5,6	8	7,670	1.900	»	9.570	»
Cuve de 225 ^{m3} (Nord).....	7 ^m	6 ^m ,70	7 ^m ,455	6	4 ^m	3,3,4,5,6,8	11	11.070	2.050	»	13.120	»
Cuve de 165 ^{m3}	6 ^m ,50	5 ^m ,90	6 ^m ,30	5	4 ^m	3,4,5,6	6	5.800	1.800	»	7.600	»

Il faut évaluer à 60 000 kilogrammes le poids du métal nécessaire pour une cuve de 1 200 mètres de capacité et à 96 000 kilogrammes celui d'une cuve de 2 000 mètres. Il est facile, du reste, de calculer rapidement les épaisseurs des tôles et, par suite, le poids d'une cuve de dimension donnée.

Par suite de la difficulté d'exécution, il est bon dans un avant-projet de compter le kilogramme de tôle à 0^{fr},50, mis en place, peinture comprise. Le kilogramme de fonte se compte à 0^{fr},30. Il faut ajouter la dépense relative aux scellements des boulons.

CALCUL DE LA RÉSISTANCE DES CUVES EN TOLE A FOND SPHÉRIQUE

On trouve dans les traités de résistance des formules approchées pour le calcul du fond sphérique d'une cuve en tôle. Il nous a paru intéressant de faire une étude exacte de cette résistance.

1° *Tension de la tôle suivant un méridien.* — Considérons une portion de sphère dont O est le centre, soumise à la pression d'une colonne d'eau limitée à la surface horizontale HH'; la figure ci-contre représente les méridiens de la sphère et

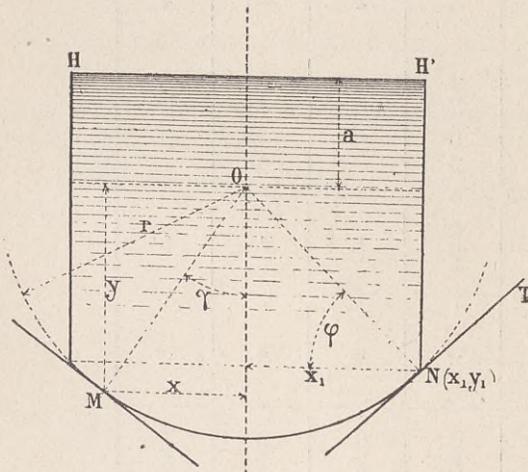


Fig. 32.

du cylindre qui la coupe.

Considérons la zone annulaire infiniment petite correspondant à l'élément M dont x et y sont les coordonnées; la surface de cette zone est égale à $2\pi x ds$ et la pression normale qu'elle supporte de la part du liquide superposé, de densité δ , est

$$2\pi\delta x.ds(y+a);$$

cette pression normale a pour composante verticale :

$$2\pi\delta x(y+a) ds. \cos \gamma;$$

mais ($2\pi x ds \cos \gamma$) est la projection de la petite zone sur l'horizon, projection égale à l'anneau de surface $2\pi x dx$ (1).

De sorte que la composante verticale de la pression au point M, en remarquant que $y = \sqrt{r^2 - x^2}$, s'exprime par

$$(1) \quad 2\pi\delta a x dx + 2\pi\delta x \sqrt{r^2 - x^2} dx;$$

et, si l'on limite la calotte du fond du réservoir au plan horizontal passant par le point N ($x_1 y_1$), il faudra, pour avoir la résultante verticale totale Q des pressions hydrostatiques sur le fond du réservoir, intégrer de 0 à x_1 l'expression (1), ce qui donne

$$(2) \quad a\pi\delta x_1^2 + 2\pi\delta \int_0^{x_1} x \sqrt{r^2 - x^2} dx;$$

or

$$\int_0^{x_1} x \sqrt{r^2 - x^2} dx = \left[-\frac{1}{3} (r^2 - x^2)^{\frac{3}{2}} \right]_0^{x_1} = \frac{1}{3} r^3 - \frac{1}{3} (r^2 - x_1^2) \sqrt{r^2 - x_1^2};$$

donc :

$$Q = \delta\pi \left[a x_1^2 + \frac{2}{3} r^3 - \frac{2}{3} (r^2 - x_1^2) \sqrt{r^2 - x_1^2} \right] = \delta\pi \left(a x_1^2 + \frac{2}{3} r^3 - \frac{2}{3} y_1^2 \right).$$

Si l'on appelle T la tension tangentielle par mètre carré s'exerçant au point N, la tension totale sur la couronne de rayon x_1 avec une épaisseur de tôle e est $Te2\pi x_1$, qui a pour composante verticale

$$2\pi T e x_1 \cos \varphi,$$

mais $\cos \varphi = \frac{x_1}{r}$, d'où pour la composante verticale l'expression

$$2\pi T e \frac{x_1^2}{r},$$

et cette composante verticale de la tension de la tôle du fond doit équi-

(1) Nous devrions dans ce calcul considérer non le pourtour complet du fond sphérique, mais un fuseau élémentaire; les résultats seraient les mêmes.

librer la composante verticale Q des pressions hydrostatiques ; d'où l'équation :

$$\delta\pi \left(ax_1^2 + \frac{2}{3} r^3 - \frac{2}{3} y_1^3 \right) = 2\pi T e \frac{x_1^2}{r},$$

ou :

$$T = \frac{\delta r}{2e} \left(a + \frac{2}{3} \frac{r^3}{x_1^2} - \frac{2}{3} \frac{y_1^3}{x_1^2} \right) = \frac{\delta r}{2e} \left(a + \frac{2}{3} \frac{r^2 + r y_1 + y_1^2}{r + y_1} \right);$$

pour $x_1 = 0$, ce qui suppose $y_1 = r$, on a

$$T = \frac{\delta r}{2e} (a + r);$$

pour $x_1 = r$, ce qui suppose $y_1 = 0$, on a

$$T = \frac{\delta r}{2e} \left(a + \frac{2}{3} r \right);$$

dans ce cas, le fond du réservoir est hémisphérique et l'on voit que la tension de la tôle du fond va en diminuant depuis le sommet de la calotte jusqu'à sa base.

En général, la calotte est loin d'être hémisphérique, et la variation entre les tensions extrêmes est très faible.

On aura donc toute sécurité en admettant que la tension est partout la même qu'au sommet de la calotte et en calculant l'épaisseur de la tôle par la formule

$$(3) \quad T = \frac{\delta r}{2e} H;$$

$(a + r)$ est égal à la hauteur totale H de l'eau contenue dans le réservoir.

En adoptant pour T la valeur ordinaire 6 000 000 kilogrammes, la formule (3) permettra de calculer l'épaisseur e de la tôle.

La densité δ de l'eau étant égale à 1 000, l'épaisseur e résulterait de l'expression :

$$(4) \quad e = \frac{1}{12\,000} rH.$$

Les ingénieurs, considérant que le fond du réservoir n'est pas absolument sphérique, puisque les différentes tôles qui le composent viennent se recouvrir pour former les joints, n'admettent pas, en géné-

ral, que l'on fasse usage du coefficient de sécurité ordinaire ; au lieu de 6 kilogrammes par millimètre carré, ils se bornent à 3 kilogrammes de tension et l'épaisseur (e) se calcule alors par l'expression :

$$e = \frac{1}{6\,000} rH = 0,000\,166rH.$$

À la Compagnie du Nord, M. l'ingénieur en chef Contamin ajoute même à l'expression précédente un terme constant $0^m,0015$; cette constante, dit-il, est introduite pour tenir compte des différences d'épaisseur qui existent dans une même feuille, des petites piqûres à la surface que l'on admet généralement à la réception et de la diminution de résistance que la rouille peut produire lorsqu'elle se développe.

Les planches 14 et 30 donnent les détails de l'ossature de diverses cuves en tôle ; l'attention du constructeur doit se porter particulièrement sur la cornière circulaire avec laquelle s'assemble le fond sphérique ; cette cornière doit être en excellent métal, parfaitement dressée et ouverte exactement suivant l'angle que forme avec la verticale le dernier élément de la calotte.

2° *Tension de la tôle suivant un parallèle.* — La tôle du fond sphérique est soumise, suivant les parallèles, à un autre effort analogue à celui qui tend à rompre un tuyau cylindrique suivant deux génératrices opposées.

Cet effort diffère de la tension suivant le méridien que nous venons d'évaluer.

Le calcul montre qu'il est toujours inférieur à cette tension ; il ne lui est égal que sur l'ombilic du fond. Il est donc inutile de s'en préoccuper.

3° *Effort transmis à la couronne de support de la cuve et par elle aux maçonneries.* — Le fond sphérique exerce sur la base du fût cylindrique une traction M à l'intérieur de la base circulaire de ce fût, et cette traction se transmet à la couronne de support en fonte et par cette couronne aux maçonneries.

L'effort tangentiel méridien par mètre courant du pourtour circulaire du fond sphérique est égal à $T.e$; pour avoir sa projection horizontale, il faut le multiplier par $\sin \varphi$, soit par $\frac{y_1}{r}$, ce qui donne pour la valeur de M :

$$M = \frac{\delta y_1}{2} \left(a + \frac{2}{3} \frac{r^2 + ry_1 + y_1^2}{r + y_1} \right).$$

Telle est la traction normale par mètre courant de la couronne en fonte. En appliquant la formule de Navier relative à la résistance des

voûtes, il suffira de multiplier M par le rayon r de la couronne, pour avoir la pression à laquelle est soumise la fonte, suivant une section transversale verticale de la couronne.

M est également l'effort transmis à la tour en maçonnerie par mètre courant de sa circonférence de sommet; cet effort n'est pas bien dangereux, puisqu'il n'engendre pas une poussée, mais qu'au contraire il tire les parois de la tour vers leur centre.

Calcul d'une cuve à fond conique. — Substituons un fond

conique au fond sphérique, voici ce que devient le calcul précédent :

La zone horizontale infiniment petite qui comprend le point M (x, y) a pour surface $2\pi x \cdot ds$ et supporte une pression normale :

$$2\pi\delta \cdot (y + a) x \cdot ds,$$

qui a pour composante verticale l'expression précédente multipliée par $\cos \alpha$; or $ds \cdot \cos \alpha$ n'est autre que dx . Donc la composante verticale est égale à :

$$2\pi\delta (y + a) \cdot x \cdot dx;$$

remplaçant y par $\frac{r-x}{r}h$ ou par $h - \frac{hx}{r}$, on a pour la valeur de la composante verticale élémentaire :

$$2\pi\delta \left(h + a - \frac{hx}{r} \right) x \cdot dx,$$

dont l'intégrale est :

$$2\pi\delta \left[(h + a) \frac{x^2}{2} - \frac{hx^3}{3r} \right].$$

Telle est la valeur de la pression verticale exercée sur un parallèle de rayon x .

Appelons T la tension par mètre carré de section de tôle, s'exerçant

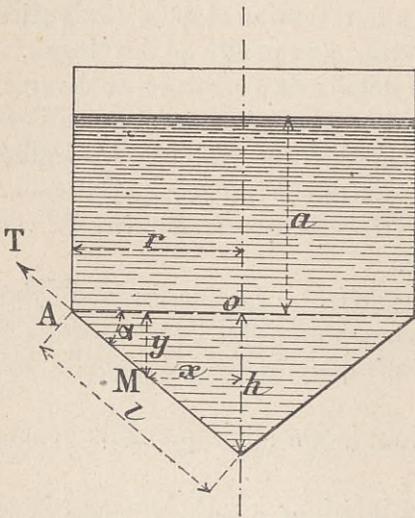


Fig. 33.

sur le parallèle M suivant la génératrice du cône, la tension totale exercée sur la tôle pour tout le pourtour du cône est :

$$Te2\pi x;$$

on obtient sa composante verticale en la multipliant par $\sin \alpha$ ou $\left(\frac{h}{l}\right)$; d'où l'équation :

$$2\pi \cdot Te \cdot x \cdot \frac{h}{l} = 2\pi \delta \cdot x^2 \left(\frac{h+a}{2} - \frac{hx}{3r} \right)$$

$$T = \frac{\delta}{e} \cdot \frac{l}{h} \cdot x \left(\frac{h+a}{2} - \frac{hx}{3r} \right),$$

équation qui permet de déterminer e en fixant la valeur maxima de T, soit à 6 millions, soit à 3 millions de kilogrammes.

On voit que la tension T est variable avec x ; si on prend la dérivée on voit que son maximum se produit pour :

$$x = (h+a) \frac{3r}{4h};$$

On calcule la valeur correspondante de T : et c'est cette valeur qui sert à déterminer l'épaisseur de la tôle.

La tension à la base de la cuve cylindrique s'obtient en faisant $x = r$, ce qui donne :

$$T = \frac{\delta \cdot l \cdot r}{e \cdot h} \left(\frac{h}{6} + \frac{a}{2} \right).$$

On calculerait d'une manière analogue la tension à laquelle est soumise la tôle perpendiculairement aux génératrices dans une section comprise entre deux parallèles rapprochés.

En résumé, on reconnaît, ce qu'il était facile de prévoir, que l'épaisseur de tôle à employer pour un fond conique est plus grande que pour un fond sphérique, ayant le même angle α ; on ne voit donc pas quel intérêt il peut y avoir à substituer l'un à l'autre; d'autant plus qu'avec le fond conique la tôle est beaucoup plus exposée à présenter des inflexions qui la feront travailler à la fois dans une section donnée à l'extension et à la compression, circonstance qui vicie les calculs.

Mais l'avantage réside dans la combinaison suivante :

On peut donner au diamètre de la couronne de support de la cuve une valeur réduite, de sorte que la cuve est placée en partie en encorbellement sur sa couronne de support; le diamètre de la tour se trouve réduit dans telle proportion que l'on veut et l'on réalise une grande

économie de maçonnerie. Mais la partie du fond, qui s'étend à l'extérieur de la couronne, travaille non plus par traction, mais par compression ; il est facile d'établir les formules pratiques de calcul par la même méthode que plus haut.

Une partie du fond, celle qui est en dehors de la couronne, lui transmet donc une compression et s'appuie sur elle ; l'autre exerce sur elle une traction et lui est suspendue.

Cette disposition peut être adoptée aussi bien pour un fond sphérique que pour un fond conique.

Quand on met ainsi le fond à cheval sur la couronne de support, il y a avantage à le disposer de telle sorte que l'effort exercé sur la couronne, et transmis par elle à la tour, soit annulé. On y arrive par la disposition qu'indique la figure 34 : le cône intérieur a sa pointe dirigée vers le haut ; comme le cône extérieur, il transmet à la tour une pression oblique, et l'on calcule les dimensions de telle sorte que les composantes horizontales des deux pressions concourantes soient égales ; la couronne et

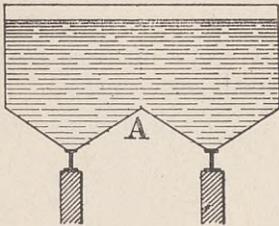


Fig. 34.

la tour en maçonnerie n'ont alors à supporter que des efforts verticaux.

Il est à remarquer que, si l'on voulait, on pourrait empêcher un fond sphérique d'agir sur sa tour en maçonnerie ; il suffirait de laisser la couronne en fonte libre de ses mouvements et de ne pas la relier à la tour. On pourrait même la porter sur un chariot de billes.

Le sommet A du cône intérieur est d'ordinaire recoupé par une calotte sphérique convexe.

Dans ce qui précède, nous avons négligé le poids propre des éléments de la cuve ; ce poids est peu de chose en comparaison de la charge ; mais il arrive parfois que l'on ménage dans l'axe de la cuve un tube pour le passage d'un escalier en spirale ; l'ombilic est supprimé, le fond se termine à un anneau horizontal, et il peut y avoir intérêt à considérer la charge fixe supportée par cet anneau.

Les fonds coniques ont été l'objet de brevets en Allemagne ; nous ignorons jusqu'à quel point la disposition était susceptible d'être brevetée.

Des réservoirs de ce genre de 300, 400, 500, 600 mètres cubes de capacité ont employé, avec leur support métallique, 14 500, 18 000, 22 000, 28 000 kilogrammes de métal.

La possibilité de placer ces réservoirs en encorbellement sur de hautes tours en maçonnerie a permis d'établir des châteaux d'eau

d'un certain effet architectural. Tel est le réservoir de Düren (*fig. 4 et 5*, pl. 35), dont la cuve, de 550 mètres cubes de capacité, a son niveau d'eau à 45 mètres au-dessus du sol.

La partie métallique pèse 24 000 kilogrammes et la construction entière a coûté 75 000 francs.

De même la figure 2 de la planche 35 représente le *château d'eau de Mannheim*. La structure intérieure est nettement accusée par l'aspect extérieur de l'édifice ; on y distingue la tour de support, indiquée par les pilastres avec arceaux, de l'enveloppe supérieure qui entoure la cuve en tôle.

L'édifice est en pierre de taille avec toiture en cuivre doré que surmonte une statue de la source également en cuivre, placée au sommet d'un lanterneau auquel on accède par un escalier intérieur.

La cuve a 2 000 mètres cubes de capacité, pour une consommation journalière pouvant atteindre 10 000 mètres cubes. Le niveau de l'eau au sommet de la cuve est à 36 mètres au-dessus du sol.

On a donné une forme particulière au fond de la cuve : à l'intérieur de la couronne de support c'est une calotte sphérique, à l'extérieur c'est une portion de tronc de cône également suspendu ; la tôle travaille partout à la tension, ce qui est préférable, et cependant les composantes horizontales des deux tensions transmises à la couronne de support s'équilibrent, de sorte qu'aucun effort horizontal ne s'exerce sur la maçonnerie de la tour. Le même effet est obtenu que si l'on avait un fond à deux cônes remontants dont la tôle travaillerait par compression.

La dépense totale de l'ouvrage est considérable ; elle a dépassé 560 000 francs. On a voulu faire un monument luxueux, fort bien étudié du reste ; un effet d'ensemble aussi majestueux eût pu être obtenu, ce nous semble, avec une décoration plus sobre, des détails moins riches, un soubassement moins large qui n'eût été que le prolongement de la tour. La figure 3, planche 35, représente le château d'eau de Thionville avec double tour, et la figure 1 le château d'eau de Colmar.

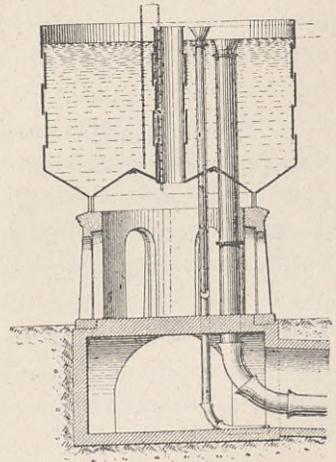


Fig. 35.

Réservoir en tôle à fond conique de Montmartre. — Le réservoir en tôle établi place Saint-Pierre, à Montmartre, avec une capa-

cité de 200 mètres cubes, est du type à fond conique dont nous avons indiqué plus haut le calcul ; il est combiné de manière à réduire les dimensions de la tour de soubassement ; le fond se compose d'un tronc de cône central entouré de deux cônes en tôle et cornières, le tout porté par une couronne placée à l'intersection des deux cônes extérieurs. Une cheminée cylindrique avec escalier en fer est ménagée dans l'axe ; tout le métal est d'un accès facile, et on peut le protéger contre la rouille par des peintures fréquentes.

On peut craindre que les conduites, qui traversent le fond de la cuve, n'y déterminent des efforts destructifs à cause du jeu de la dilatation ; aussi ces conduites sont-elles munies d'une sorte de joint télescopique, système Gibault, joint à bague et à deux brides avec double garniture de caoutchouc.

Réservoirs métalliques formés d'un long cylindre vertical. — La hauteur des cuves cylindriques en tôle est généralement limitée à quelques mètres ; cependant, la construction d'un cylindre de 20 mètres de hauteur et plus n'offre aucune difficulté.

Ayant à installer un réservoir aérien comprenant deux cuves en tôle de 5 mètres de hauteur portées par une tour en maçonnerie s'élevant à 10 mètres au-dessus du sol, nous avons proposé de substituer à l'ensemble un cylindre vertical en tôle de 15 mètres de hauteur, et de 8 mètres de diamètre, monté sur un fond plat en fonte appliqué sur une fondation en maçonnerie de moellons. L'anneau à la base du cylindre, pour travailler à 6 kilogrammes par millimètre carré, n'a besoin que d'une épaisseur de 0^m,01 ; si l'on donne 0^m,006 à celui du haut, on a un poids de métal de 22 500 kilogrammes, qu'on peut évaluer, mis en place, à 11 000 francs. Nous avons supposé cette cuve entourée d'un autre cylindre en tôle de 0^m,003 d'épaisseur, de 16 mètres de haut, de 9 mètres de diamètre, surmonté d'un toit conique ; cette enveloppe protégeait la cuve contre les variations de température, et l'installation d'un simple poêle, soit dans le vide annulaire, soit dans les soubassements en maçonnerie, suffisait à empêcher la formation de la glace. L'enveloppe pesait 12 000 kilogrammes environ et pouvait coûter 6 000 francs. Le fond en fonte, avec saillies en T sur lesquelles les deux cylindres en tôle se fixent par des cornières et des boulons, fond composé de plaques soigneusement assemblées par nervures verticales, pesait environ 9 tonnes et coûtait 2 700 francs. Un escalier en spirale logé dans le vide entre les deux cuves permettait d'arriver au sommet. Le tuyau de refoulement et le tuyau de distribution arrivaient par le fond en fonte qui portait des tubulures pour les recevoir. La fondation à 3 mètres de profondeur, massif de maçonnerie de moellons avec cave

ou calotte sphérique, exigeait au plus 200 mètres cubes de maçonnerie à 20 francs, soit 4 000 francs. Dépense totale : environ 25 000 francs pour 750 mètres cubes de capacité, ou 33 francs par mètre cube.

Le projet n'a pas été adopté, bien que beaucoup plus économique que la tour en maçonnerie supportant 2 cuves de 190 mètres cubes de capacité.

Ce système est cependant susceptible de rendre de grands services lorsqu'il s'agit de desservir une ville plate, qu'aucun mamelon ne domine. Sans doute, la partie inférieure du tube n'a pas un rôle capital puisque, pour conserver une pression suffisante, il faut limiter les oscillations du plan d'eau à une certaine hauteur du fond ; mais cette partie inférieure n'en constitue pas moins une réserve et, en tout cas, elle coûte beaucoup moins cher qu'un support en maçonnerie. Rien n'empêche, du reste, de placer le cylindre sur une tour en maçonnerie de quelque hauteur.

Le réservoir des Moines à Jowa (États-Unis) est un tube de 30^m,10 de haut, de 9^m,15 de diamètre intérieur formé de tronçons en tôle d'acier de 1^m,52 de haut ; le dernier tronçon a 22 millimètres d'épaisseur et le plus élevé 6 millimètres. D'après la formule :

$$2R.e = d.h.1000,$$

dans laquelle e est l'épaisseur de la tôle, d le diamètre du tube, et h la hauteur d'eau, la tension par millimètre carré dans le tronçon de base est de 6^{kg},6. On s'est servi du tube lui-même comme échafaudage porte-grue ; on le remplissait d'eau au fur et à mesure qu'il se construisait, et l'eau faisait monter un radeau en forme de bouchon sur lequel était installée la grue.

Si l'on ne veut pas dépasser pour les tôles une épaisseur pratique, c'est-à-dire 2 centimètres environ, le tube de Jowa représente, avec le diamètre de 9 à 10 mètres, le maximum de ce que l'on peut faire.

De même, pour une cuve en tôle de 5 mètres de hauteur, si on limite l'épaisseur des tôles à 0^m,02, on ne peut pas dépasser le diamètre de 120 mètres. On donnerait à l'anneau supérieur une épaisseur de 0^m,01. On obtiendrait ainsi un réservoir immense qu'on ne réalisera jamais dans la pratique. Mais on ne doit pas craindre de construire des réservoirs en tôle de 20 mètres de diamètre et plus. Nous l'avons fait remarquer au sujet du nouveau réservoir métallique de Bordeaux.

Variation de la température de l'eau dans les réservoirs en tôle. — Les anciens réservoirs en tôle des chemins de fer étaient

en général enfermés dans des enveloppes en charpente; on redoutait sans doute les influences de la température. Aujourd'hui, nous voyons partout ces réservoirs installés à l'air libre; l'expérience a montré, en effet, qu'avec le volume qu'on leur donne et la consommation à laquelle ils doivent satisfaire, il n'y a pas à craindre, pendant les gelées, un refroidissement assez intense pour que la masse se congèle, au moins dans les gares importantes où l'écoulement est ininterrompu et où la masse d'eau du réservoir ne reste pour ainsi dire jamais immobile; on ne se préoccupe pas de l'échauffement pendant l'été, car il est évident qu'on ne tient pas à alimenter des machines avec de l'eau fraîche.

Lorsqu'il s'agit d'une distribution d'eau pour une ville, les considérations relatives à l'échauffement ou au refroidissement ont une importance beaucoup plus grande, et l'on doit chercher à réduire l'amplitude des variations de température, surtout quand il s'agit d'eau de source dont la température oscille généralement entre 10° et 15°, suivant les saisons.

Il nous a paru intéressant de soumettre la question au calcul et de rechercher la vitesse de refroidissement ou d'échauffement de la masse d'eau contenue dans un réservoir métallique exposé à l'air libre. Les données expérimentales sont malheureusement fort incomplètes, et l'on n'est guère fixé sur les coefficients qu'il convient d'employer.

Vitesse de refroidissement. — Un vase, de surface S , renfermant un poids d'eau à la température T , est placé dans l'air à la température t ; appelons K le coefficient de transmission de la chaleur entre la surface du vase et l'air ambiant. Pendant le temps $d\theta$, la quantité de chaleur perdue, d'après la loi de Newton, est égale à $KS (T - t) d\theta$; mais elle est mesurée également par le nombre de calories que perd le poids P d'eau qui, pendant le temps considéré, subit une variation de température $-dT$; d'où l'équation :

$$KS (T - t) d\theta = -P.dT;$$

la vitesse de refroidissement $\frac{dT}{d\theta}$ est donc proportionnelle à la surface, à l'écart des températures et inversement proportionnelle au poids du liquide.

Le temps au bout duquel la température initiale T_0 de la masse liquide sera devenue T_1 résulte de l'intégration :

$$(1) \quad \theta = -\frac{P}{KS} \int_{T_0}^{T_1} \frac{dT}{T-t} = \frac{P}{KS} \left[-\log \text{nép.} (T_0 - t) \right. \\ \left. - \log \text{nép.} (T_1 - t) \right].$$

Un réservoir en tôle de 150 000 litres, ayant pour hauteur 3^m,91, pour diamètre 7 mètres et pour flèche 0^m,872, a une surface S de 144 mètres carrés, en y comprenant la surface libre de l'eau, bien qu'elle ne soit pas dans les mêmes conditions et que l'évaporation directe intervienne. Le poids P est de 150 000 kilogrammes.

Le coefficient K est le nombre de calories que le réservoir communique à l'air par mètre carré de surface et par heure. Pécelet a montré que ce coefficient se compose de deux parties: l'une correspondant à la chaleur perdue par rayonnement; l'autre à la chaleur enlevée par le contact de l'air. D'après les expériences nombreuses de ce savant, la quantité de chaleur perdue par rayonnement varie avec la température *m* de l'enceinte, avec l'excès *t* de la température de la surface sur celle de l'enceinte et avec la nature de la surface; cette quantité est exprimée par la formule

$$R = 124,72K'a^m(a^t - 1),$$

dans laquelle $a = 1,0077$ et $K' = 3,71$ pour une surface peinte à l'huile.

Quant à la chaleur perdue par le contact de l'air, elle est exprimée par la formule

$$A = 0,552K''t^{1,233},$$

dans laquelle *t* est l'excès de la température de la surface sur celle de l'air et K'' un coefficient dépendant de la forme, que l'on peut, dans l'espèce, prendre égal à 2.

En appliquant ces formules à une température d'enceinte de 0° avec des excès de température de 10°, 20°, 30°, on trouve que le nombre total de calories perdues, par degré d'excès, par mètre carré et par heure, varie de 6 à 6,7.

Ces données correspondent aux circonstances moyennes dans lesquelles se trouvent placés les réservoirs aériens, et l'on peut adopter le chiffre 7 pour valeur de la constante K de la formule (1). Ce chiffre de 7 calories est aussi celui qu'indique Redtenbacher pour la transmission de la chaleur de l'air à l'air à travers la tôle.

Si l'on admet en outre que :

la température extérieure *t* est égale à 0°,
la température initiale T_0 de l'eau à 15°,

la formule (1), dans laquelle il faut prendre pour unité de temps l'heure, pour unité de surface le mètre carré et pour unité de poids le kilogramme, nous montre que la température de l'eau contenue dans

le réservoir sus-indiqué, de 150 mètres cubes de capacité et de 144 mètres carrés de surface, tombera à 10°, 5°, 2°, 1° au bout de 60, 165, 301, 405 heures.

On voit combien est lente la vitesse de refroidissement indiquée par ce calcul, dont les résultats méritent au moins une confiance approchée.

Vitesse de réchauffement. — Soit t la température de l'eau dans la cuve et T la température extérieure, S la surface de la cuve; pour un réchauffement dt , la cuve gagne Pdt calories et elle prend à l'air extérieur pendant le temps $d\theta$ correspondant $SK(T-t)d\theta$ calories.

Égalant la perte et le gain, on a

$$d\theta = \frac{P}{SK} \frac{dt}{T-t};$$

$$(2) \quad \theta = -\frac{P}{SK} \log \text{nép.} (T-t) + C.$$

La température initiale de l'eau étant t_0 et sa température finale t_1 , cette équation donne :

$$\theta = \frac{P}{SK} [\log \text{nép.} (T-t_0) - \log \text{nép.} (T-t_1)].$$

D'après Redtenbacher, K serait égal à 23 calories; la température extérieure étant de 30°, la température initiale de l'eau 15°, l'eau s'échauffera jusqu'à 20°, 25°, 28°, 29° en 18, 49, 90 et 121 heures.

La vitesse de réchauffement, quoique plus rapide que la vitesse de refroidissement, est encore assez lente.

Résultats pratiques obtenus. — La pratique a, en effet, démontré que les craintes que l'on avait pu concevoir sur les variations de température de l'eau dans les cuves, n'étaient pas fondées; bien qu'il n'ait pas été procédé à des expériences précises, le refroidissement pendant l'hiver et le réchauffement pendant l'été n'ont jamais engendré d'inconvénients. Il est donc hors de doute que les cuves en tôle peuvent être employées dans les distributions d'eau, pourvu qu'elles soient enfermées dans un bâtiment couvert et fermé.

Réservoirs-cuves en ciment armé. — Le système du ciment armé, du sidéro-ciment, qui s'est développé dans ces dernières années, est examiné par nous dans le chapitre relatif aux tuyaux; le lecteur voudra bien s'y reporter.

Ce système consiste à noyer une ossature en fer ou en acier dans une enveloppe en mortier de ciment; il se prête bien à la confection des cylindres, et par conséquent des cuves-réservoirs. Dans ses ins-

tallations du système Anderson, la Compagnie générale des Eaux de Paris a employé le ciment armé pour les murs et cloisons de ses bassins et pour les cuves à eau filtrée.

Les figures 1 à 3, planche 31, représentent un réservoir en sidérociment, construit par M. Bordenave ; c'est une cuve de 10 mètres de diamètre et de 4 mètres de haut, soit 300 mètres cubes de capacité en chiffres ronds, couverte par une calotte sphérique de 15 mètres de rayon. L'ossature est formée de fers ou aciers double **T** de 12, 14, 16 et 24 millimètres de haut, pesant 212, 260, 313, 697 grammes le mètre courant. Afin de tenir compte de la pression qui croît dans le fût cylindrique à mesure que l'on descend, le pas des spires diminue du sommet à la base. Le canevas du fond est soigneusement relié à l'ossature latérale. Lorsque l'ossature est mise en place, le mortier est moulé par bandes verticales entre deux panneaux cylindriques. La calotte se compose d'une spirale continue portée par des arcs de grand cercle. Des ligatures sont pratiquées à tous les points de rencontre des deux systèmes de barres.

M. Bordenave déclare avoir fait à Boulogne une cuve de ce genre qui ne se déforma pas, quoique remblayée d'un seul côté, et qui fut mise en charge le lendemain de son achèvement.

M. Cottancin construit également des réservoirs avec ossature métallique ; son système consiste en un canevas en fers ronds, dont la trame et la chaîne sont similaires, sans attache aux points de croisement ; les surfaces se terminent par des boucles au pourtour. La figure 4, planche 31, donne une idée de la disposition adoptée. On a établi de la sorte surtout des planchers : une dalle carrée de 1 mètre de côté et de 0^m,045 d'épaisseur s'est rompue brusquement sous une charge de 517 kilogrammes lorsqu'elle était en mortier de ciment pur ; construite avec ossature Cottancin, elle s'est rompue seulement sous une charge de 2 760 kilogrammes, après avoir pris une flèche de 0^m,013 ; pour les planchers, la surface est beaucoup plus grande, aussi les compose-t-on avec des plaques de 1^m,30 de portée que l'on renforce par des nervures verticales saillantes, posées de champ et constituées également avec un treillis noyé dans le ciment. M. Cottancin a fait l'application de son système aux cuves-réservoirs. Nous connaissons de lui, à Mouy (Oise), deux réservoirs jumeaux de chacun 150 mètres de capacité, de 7 mètres de diamètre, qu'il estime 10 000 francs les deux, accessoires non compris : le radier est un béton en gravillon et ciment de 0^m,25 d'épaisseur, profilé en calotte concave de 0^m,15 de flèche, armé d'épais contreforts et de nervures de 0^m,20 de pénétration ; la voûte, de 0^m,80 de flèche est également armée de nervures ; chaque cuve est cerclée extérieurement de trois ceintures en fer et ciment espacées de

1^m,95. Le réservoir fonctionne depuis plusieurs années d'une manière satisfaisante.

M. Cottancin estime 29 600 francs un réservoir de 1 500 mètres de contenance, ayant 22 mètres de diamètre et 4 mètres de hauteur d'eau, et 15 700 francs un réservoir de 750 mètres cubes de 15^m,50 de diamètre. Le mètre cube de capacité revient donc à 20 ou 25 francs.

Nous sommes loin de méconnaître l'intérêt qui s'attache aux travaux de ce genre et les avantages qu'ils peuvent offrir au point de vue économique; mais notre conclusion sera la même pour les réservoirs que pour les tuyaux : ces ouvrages exigent des soins méticuleux, d'excellents matériaux, une construction parfaite ; lorsque ces conditions n'ont pas été remplies, il s'est produit des accidents. Il faut donc, lorsqu'on les adopte, imposer aux constructeurs des garanties sérieuses et prolongées. Il convient de s'assurer également qu'on ne peut pas établir des ouvrages ordinaires avec les matériaux du pays pour un prix analogue.

Sous cette réserve, les constructions en armatures de fer et ciment, assez développées à l'Étranger, peuvent rendre des services. En Allemagne, on les connaît sous le nom de *système Monier*, du nom du constructeur français qui les a inventées il y a déjà bon nombre d'années.

Canaux et tunnels servant de réservoirs. — Dans certains cas, un aqueduc, établi sur de grandes dimensions, constitue lui-même le réservoir régulateur et emmagasine, par exemple pendant la nuit, l'excès de la production sur la consommation. Il joue le rôle des longs biefs de partage que possèdent certains canaux de navigation.

A Nice, le tunnel de *Bonvoyage* sert ainsi de réservoir : il a 5^m,70 de large sur 5 mètres de haut et est ouvert dans un rocher fissuré, résistant mais perméable.

Pour le rendre étanche on l'a revêtu en béton ou mortier de ciment de la porte de France (Grenoble); le radier et les parois les plus fissurées ont reçu un revêtement en béton de 0^m,12 à 0^m,15 d'épaisseur, formé, pour 1 mètre cube, de 440 kilogrammes de ciment, 0^m,425 de sable et 0^m,900 de petit gravier ; les parties plus solides et les parties supérieures des voûtes ont reçu seulement un enduit bien lissé de 0^m,03 d'épaisseur, formé de 1 000 kilogrammes de ciment pour 1 mètre de sable. La surface du rocher était préparée d'abord par un lavage à l'acide chlorhydrique dilué et par un rocaillage dans les fissures.

Rappelons qu'un lissage parfait est nécessaire pour obtenir des enduits étanches.

De ce genre de réservoir il faut rapprocher les réservoirs souterrains

établis dans le rocher à Naples et, sur une plus petite échelle, le réservoir de la Roche-Guyon ; nous avons parlé précédemment de ces deux ouvrages.

Des carrières abandonnées peuvent exceptionnellement servir à l'établissement de réservoirs économiques.

Petits réservoirs à air comprimé, système Carré ; réservoirs éleveurs. — Nous avons montré plus haut comment, dans certaines villes sans relief, on avait suppléé au défaut d'altitudes des réservoirs par l'action de l'air comprimé transmise à l'eau contenue dans une capacité fermée.

Ce système a été fort ingénieusement appliqué par M. Carré aux petits réservoirs pour maisons particulières, châteaux, établissements publics, etc.

Au rez-de-chaussée, ou bien dans le sous-sol ou dans les caves de l'édifice à desservir, on loge un cylindre vertical A, en tôle et cornières, dont la résistance est calculée eu égard à la pression qu'il doit supporter. Dans ce cylindre on refoule à l'aide d'une pompe P, de l'eau prise à un puits ou à une citerne B ou à une canalisation sous-pression. L'air emprisonné au-dessus de l'eau se comprime sans dépasser cependant la tension limite indiquée sur un manomètre M. Quand la provision d'eau est faite, l'air comprimé la refoule suivant les besoins dans la colonne montante C.

Au fond le travail est le même que si l'eau était refoulée directement dans un réservoir placé au sommet de l'édifice ; mais on évite les nombreux inconvénients que présente un réservoir de ce genre : danger d'inondations, échauffement de l'eau en été, congélation en hiver. L'installation est, en outre, bien plus simple et plus facile.

La pompe foulante peut être actionnée soit à bras d'hommes, soit par un manège, soit par un petit moteur à gaz ou à pétrole.

Quelquefois même, quand la canalisation de la ville est à une pression suffisante, un moteur est inutile ; l'emmagasinement se fait d'une manière automatique sous la pression maxima qui correspond aux heures de moindre consommation ; il suffit d'un clapet de retour interposé sur la conduite d'amenée pour obtenir cet effet. De la sorte, on a

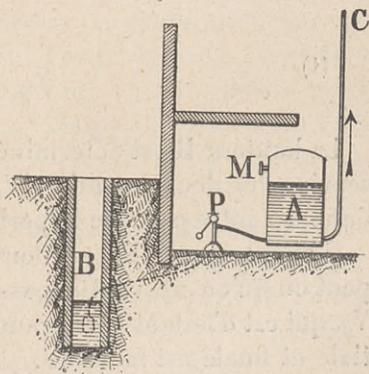


Fig. 36.

une réserve d'eau aussi considérable qu'on le veut, capable de fournir un débit bien supérieur à celui qu'on tirerait à un moment donné de la conduite de distribution ; c'est une circonstance précieuse en cas d'incendie, car alors la pression fait souvent défaut, parce qu'on veut demander à la conduite plus qu'elle ne peut donner.

Si l'on veut que l'appareil soit toujours en pression, il faut adjoindre à la pompe à eau une pompe à air, afin de remplacer périodiquement la portion d'air entraînée ou dissoute.

Supposons que l'on veuille emmagasiner un volume Q ; le volume initial de l'air confiné étant V_0 et son volume final V , sa pression initiale sera mesurée par une hauteur d'eau H_0 et sa pression finale par une hauteur H , de telle sorte que, la température étant supposée constante, la loi de Mariotte nous donne :

$$H_0 V_0 = H.V.$$

D'autre part :

$$V - V_0 = Q.$$

De ces deux équations, on tire :

$$(1) \quad V_0 = \frac{HQ}{H_0 - H}.$$

La hauteur H est déterminée par la hauteur même de l'édifice à desservir ; les deux quantités V_0 et H_0 sont indéterminées et sont liées l'une à l'autre par une hyperbole.

Généralement, H_0 est donné, c'est la pression maxima qu'on ne peut ou qu'on ne veut dépasser. L'équation (1) sert donc à déterminer V_0 , qui est d'autant plus grand que la différence entre les pressions initiale et finale est moindre.

Si on a de l'eau sous pression à 60 mètres et qu'on veuille emmagasiner 5 mètres cubes à la pression de 20 mètres, il suffira que le volume initial de l'air comprimé soit 2^m,5 ; son volume final sera 7^m,5 ; c'est à ce volume final que doit être au moins égal la capacité du réservoir, afin d'éviter les projections d'air dans la colonne montante.

Quand l'eau peut arriver par la gravité seule dans le réservoir A, on peut se passer de pompe à eau ; on remplit le réservoir de manière à ne laisser à air libre que le volume V_0 , puis on comprime cet air jusqu'à la pression H_0 à l'aide d'une pompe à air comprimé ; le réservoir est alors armé pour fournir le volume Q à une pression au moins égale à H .

Il convient de remarquer que la pression réelle au sommet de l'édifice est toujours supérieure à H , c'est-à-dire plus grande qu'il n'est nécessaire ; il y a donc un certain travail perdu. On aurait avantage à ce point de vue à avoir un réservoir d'air comprimé distinct du réservoir à eau, et le premier n'entrant en communication avec le second que lorsque la pression de l'eau dans celui-ci atteint la limite inférieure H ; il serait facile d'établir une communication automatique à l'aide des régulateurs en usage dans les grues hydrauliques et appareils similaires.

Mais on introduirait ainsi une certaine complication dans des appareils qui demandent avant tout de la simplicité, et il vaut mieux, en général, sacrifier quelque peu le rendement mécanique.

La Revue technique a donné, en 1894, la description des applications de l'appareil Carré faites : 1° à la maison hospitalière de Nanterre où l'on dessert avec de l'eau de puits les services d'hygiène, d'incendie et d'ascenseurs ; 2° à la Bibliothèque nationale pour le service d'incendie.

À la Bibliothèque, plusieurs combinaisons sont possibles : 1° En temps ordinaire, les réservoirs élévateurs sont remplis directement par l'eau sous pression et constituent un emmagasinement capable de renforcer le débit des conduites ordinaires ; 2° A-t-on besoin d'un supplément de pression, il suffit de mettre les réservoirs en communication avec le réseau d'air comprimé de la compagnie Popp ; 3° Enfin, veut-on un débit supplémentaire, on actionne par une prise sur le même réseau un moteur à air qui met en marche une pompe refoulant l'eau sous une pression constante de 60 mètres. Cette pression ne saurait être obtenue avec un réservoir supérieur.

Ce sont là des applications exceptionnelles ; mais, dans une ferme, dans un château, un simple réservoir avec pompe à bras peut suffire en bien des cas. En effet, en une heure un homme peut fournir un travail de 20 000 kilogrammètres ; avec un rendement de moitié, il donnera donc 1 000 litres d'eau à la pression de 10 mètres.

Autres appareils à air comprimé. — L'usage de l'air comprimé se développe pour certains appareils élévatoires, nous citerons plus loin l'appareil Salmson inventé pour le fonctionnement économique du tout à l'égout.

En 1893, on a eu recours, en Amérique, à l'air comprimé pour élever l'eau de puits de 120 mètres de profondeur et de 0^m,130 de diamètre ; un tube central, alimenté par des compresseurs à haute pression, envoie l'air jusqu'à la nappe liquide et par l'espace annulaire compris entre ce tube et le forage remonte un mélange d'air et d'eau ; le courant, qui entraîne le sable et le gravier, est reçu dans un sépa-

rateur où le sable se dépose. Ce procédé a rendu des services dans des terrains qui auraient mis rapidement les pompes hors d'usage.

La *pompe sans piston* de M. de Montrichard comprend une cavité fermée qui peut recevoir de l'air comprimé par une soupape M et l'expulser par une soupape N ; un flotteur assure le jeu de ces deux soupapes. L'eau d'un réservoir ou d'un puits peut entrer dans la cavité par un clapet A et en être chassée par un autre clapet B, situé à la base. Quand l'eau est montée dans la cavité jusqu'à un certain niveau, le flotteur ouvre la soupape M, l'air comprimé entre et refoule l'eau par le clapet B ; mais le flotteur redescend en même temps, jusqu'à ce qu'il arrive à un certain niveau pour lequel le clapet B est fermé ainsi que la soupape M ; au contraire, la soupape N s'ouvre ainsi que le clapet A et un nouveau cycle recommence. Un réchauffeur d'air augmente beaucoup le rendement. Pour les grandes hauteurs on a recours à plusieurs appareils étagés.

Accessoires divers des réservoirs. — Nous avons décrit, au cours de cette étude, la plupart des ouvrages accessoires : robinets, bondes, trop-plein, vidange. Il nous reste donc peu de chose à dire.

Déversoirs de trop-plein pour réservoirs à ciel ouvert.

— Un tuyau ou un déversoir de trop-plein ont leur embouchure au niveau que l'eau ne doit pas dépasser dans un bassin : quand ce niveau est atteint, il se forme un courant d'appel vers l'embouchure, les corps flottants obéissent et on risque de les voir obstruer l'émissaire. Il est facile de remédier à cet inconvénient en recouvrant l'embouchure du tuyau vertical par le vase tronc-conique renversé A, reposant sur le tuyau par un trépied facile à construire avec quelques bouts de fil de fer.

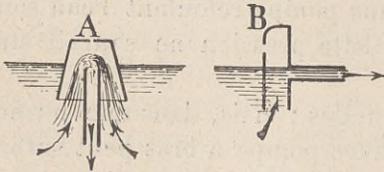


Fig. 37.

Ce n'est plus l'eau superficielle qui arrive au trop-plein, et les corps flottants sont arrêtés.

Si le tuyau de trop-plein est horizontal, on place en avant une sorte de tiroir renversé B ; les eaux s'échappent dans le sens des flèches, et les corps flottants sont encore arrêtés.

Ces systèmes valent mieux que les pommes d'arrosoir, car les herbes et détritrus de tous genres viennent s'appliquer sur celles-ci et arrêtent l'écoulement.

Bâche d'équilibre pour deux réservoirs communicants, mais de niveau différent. — On peut avoir à alimenter deux

réservoirs l'un par l'autre ; mais il va sans dire qu'il faut alors surveiller le réservoir inférieur pour arrêter l'écoulement dès que ce réservoir est rempli et pour éviter des pertes d'eau continuelles.

L'usage d'un mécanisme automatique est tout indiqué en pareil cas, car la manœuvre d'un robinet ordinaire confiée à un fontainier manquera évidemment de précision et d'opportunité.

Voici le mécanisme appliqué par M. Bechmann au réservoir de Gentilly, alimenté par celui de Villejuif dont le plan d'eau est de 7 mètres plus élevé.

Une conduite verticale A débouchant à l'air libre, en communication avec le réservoir de Gentilly, reçoit un flotteur qui agit sur un balancier ; dès que le niveau s'abaisse de 0^m,50 à Gentilly, le balancier ouvre une grande soupape *système Decœur*, logée au fond d'une bêche en tôle alimentée par la conduite de Villejuif, et l'eau de celle-ci s'en va à Gentilly ; quand le niveau est rétabli à Gentilly, la soupape se ferme et la communication s'interrompt.

Le fonctionnement de cette bêche d'équilibre a résolu le problème.

Alimentation par refoulement de deux réservoirs à niveau différent. — Il arrive qu'une même conduite de refoulement alimente deux réservoirs dont un est plus élevé que l'autre ; les deux branchements se réunissent dans une chambre où l'on trouve les deux robinets de manœuvre dont l'un est ouvert tandis que l'autre est fermé. Il importe qu'un fontainier négligent ne puisse pas fermer à la fois les deux robinets, parce qu'alors la machine en marche serait mise hors de service.

Il faut donc conjuguier ou enclancher les deux robinets de telle sorte qu'on ne puisse fermer l'un d'eux que quand l'autre est ouvert et réciproquement. Une consigne précise ne suffirait vraisemblablement pas à empêcher tout danger.

Appareils avertisseurs, indicateurs ou enregistreurs du niveau. — Ces appareils sont indispensables dans tout service d'eau bien tenu. Nous connaissons les indicateurs à flotteur, dont les oscillations se transmettent par renvoi de poulies le long d'une échelle verticale graduée ; si cela était nécessaire, il serait facile de réduire l'amplitude des oscillations en interposant un arbre intermédiaire avec deux tambours.

Ce système est encore le meilleur lorsqu'on a à transmettre l'indication à une faible distance.

On pourrait même le charger de faire jouer un sifflet lorsqu'un niveau

déterminé serait atteint ; une pompe à air avec un petit réservoir y suffirait. On peut encore actionner une sonnerie électrique.

L'enregistreur continu du niveau d'eau dans le réservoir est une excellente pratique à propager dans tous les services ; elle permet en effet, combinée soit avec l'enregistreur de tours de la machine, soit avec l'enregistreur ou le compteur du débit de la conduite d'amenée, d'établir graphiquement la consommation de chaque heure. — Le graphique de la consommation tenu à jour permet de reconnaître les avaries de tout genre qui peuvent survenir, ainsi que les gaspillages et les pertes ; il permet, en outre, d'organiser une exploitation normale et méthodique.

Dans les appareils indicateurs ou enregistreurs perfectionnés, les hauteurs d'eau se mesurent par la pression qu'elles exercent sur l'air confiné dans une cloche renversée, immergée au fond du réservoir.

Cette cloche est mise en communication par un tube en cuivre de petit diamètre avec un manomètre indicateur ou enregistreur. — Tel est le principe de l'*hydromètre Decoudun* ; mais l'air comprimé étant en contact avec l'eau se dissout, et il faut veiller à ce que la provision en soit renouvelée.

M. Richard établit un *enregistreur par flotteur*, avec contacts électriques indiquant le maximum et le minimum. Cet appareil complet coûte environ 200 francs ; pour la transmission à distance, il a recours aussi à l'air comprimé : le récepteur de pression est une poire en caoutchouc remplie d'air et logée dans une boîte en fonte percée de trous : l'air n'est pas en contact avec l'eau. La pression est transmise à un manomètre enregistreur.

La caisse en fonte garnie coûte 75 francs, le manomètre à cadran 35 francs, le manomètre enregistreur

150 francs, et le petit tube de cuivre 1^r,50 le mètre.

La transmission ne peut se faire qu'à une cinquantaine de mètres. Pour les distances supérieures il faut avoir recours à l'électricité ; les

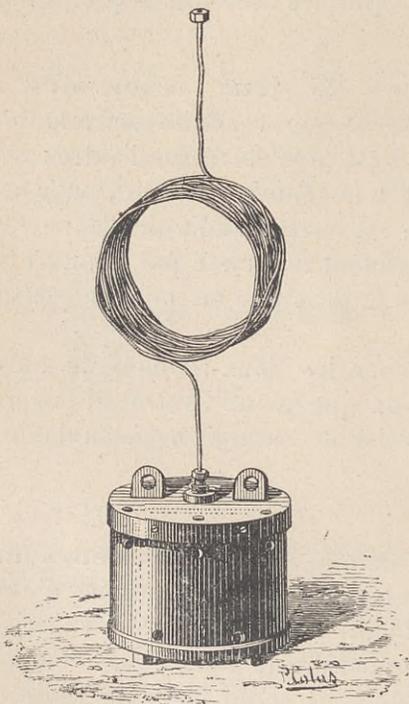


Fig. 38.

deux postes, indicateur et récepteur enregistreur, coûtent 1 000 francs. — La ligne à un fil peut être évaluée à 30 francs l'hectomètre, mais il est bon de consulter sur ce point l'Administration des Postes et Télégraphes.

Transmettre constamment à l'usine élévatoire la hauteur d'eau du réservoir est chose fort utile dans les alimentations par machines ; il faut au moins faire connaître par une sonnerie électrique le moment où le niveau maximum est atteint afin que le mécanicien arrête sa machine.

Téléphones. — Ces transmissions électriques peuvent du reste s'effectuer par le fil de la ligne téléphonique qu'il est indispensable d'installer entre les réservoirs, l'usine élévatoire et le bureau central de la direction des eaux, installé à l'Hôtel de Ville. — Rappelons qu'un poste complet de téléphone peut être évalué à 300 francs.

Nous ne saurions trop insister sur l'utilité des appareils avertisseurs et enregistreurs ; ils permettent seuls d'organiser un service économique et bien réglé, capable de faire face à tous les besoins avec le minimum de dépense.

CHAPITRE XIX

ÉTAT ACTUEL DES DISTRIBUTIONS D'EAU EN FRANCE; STATISTIQUE

SOMMAIRE : Etat actuel des Distributions d'eau en France : statistique, provenance des eaux, développement des distributions; concession ou exploitation directe; produit financier des distributions d'eau, influence du service public sur ce produit; prix de vente de l'eau; combinaisons diverses d'abonnement. — Tableau statistique des distributions d'eau de France. — *Aisne* : Ferney-Voltaire, Belley, Bellegarde-sur-Valserin, Oyonnax, Ceyzériat, Bourg. — *Aisne* : Laon, Saint-Quentin, Chauny, Soissons, Coucy-le-Château, Villers-Cotterêts, Villers-Hélon. — *Allier* : Moulins, Gannat, Yzeure. — *Alpes (Basses)* : Barcelonnette, Oraison. — *Ardèche* : Privas, Chomérac, Bourg-Saint-Andéol, Villeneuve-de-Berg, Meysses, Marcols, Tournon, Annonay, Aubenas, autres communes du département. — *Ardennes* : Charleville, Rethel, Sedan, Mézières, Mouzon, Revin, Rimogne, Carignan, Maubert. — *Ariège* : Foix, Saint-Girons, Pamiers, alimentation de diverses communes. Mirepoix, Rieucros, Pujols, Montgaillard, Saint-Paul-de-Jarrat, Lavelanet, Bélesta, Mercus, Tarascon, Les Cabanes, Lassus, Ax-les-Thermes, Sentein, Bonnac, Maz-d'Azil, Castet-d'Aleu, Cazavet, Lacour, Saverdun, Mazères, Montaut, Saint-Lizier. — *Aube* : Troyes, Nogent-sur-Seine, Bar-sur-Seine, alimentation de diverses communes du pays d'Othe; sources entourant la forêt d'Othe, Bar-sur-Aube, Couvignon, Colombé-le-Sec, Lignol. — *Bouches-du-Rhône* : Marseille, Allauch, La Ciotat, Martigues. — *Calvados* : Caen, Honfleur, Lisieux, Trouville, Deauville, Pont-l'Évêque, Crèvecœur, Livarot, Vire, Falaise, Bayeux, Port-en-Bessin, Saint-Pierre-sur-Dives. — *Cantal* : Aurillac, Saint-Flour, Murat, Mauriac, Salers, Saignes, Marcenat, Condat, Vic-sur-Cère, Laroquebrou, Montsalvy, Saint-Cernin, etc. — *Charente* : Angoulême, Jarnac, Ruffec, La Rochefoucauld. — *Charente-Inférieure* : La Rochelle, Saintes, Rochefort, Saint-Jean-d'Angély, Montendre, Royan. — *Cher* : Bourges, Vierzon. — *Corrèze* : Tulle, Brive, Ussel, Argentat. — *Côtes-du-Nord* : Saint-Brieuc, Dinan, Quintin, Paimpol, Portrieux-Saint-Quay. — *Dordogne* : Périgueux, Thiviers, Brantôme, Nontron. — *Doubs* : Besançon, Montbéliard, Etapes. — *Drôme* : Valence, Chabeuil, Tain, Bourg de péage, Bourg-lès-Valence, Romans, Die, Puy-Saint-Martin, Crest, Saillans, Montélimar, Le Buis, les Baronnie, Dieulefit, Nyons. — *Eure* : Evreux, Louviers, Bernay, Vernon, Gaillon, Conches, Saint-André-de-l'Èure, Compagnie des Eaux du Vexin, desservant Les Andelys, Gisors et environ cinquante communes rurales. — *Eure-et-Loir* : Chartres, Dreux, Châteaudun, Nogent-le-Rotrou, La Loupe, Brou, Châteauneuf-sur-Loire, Janville. — *Finistère* : Quimper, Brest, Châteaulin, Quimperlé, Morlaix, Landivisiau, Roscoff, Huelgoat, Landerneau, Audierne, Douarnez, Concarneau, Ile Tudy. — *Gard* : Nîmes, Alais, Le Vigan, Brouzet, Saint-Victor-la-Coste, Bagnols-sur-Cèze, Sainte-Anastasia, Remoulins, Castillon, Montfrim. — *Garonne (Haute)* : Bagnères-de-Luchon, Saint-Gaudens, Montréjeau. — *Gironde* : Bordeaux, Libourne, Bazas, Castillon. — *Hérault* : Agde, Béziers, Lodève, Cette, Saint-André-de-Sangonis, Gignac, Aniane, Assas, Balaruc-les-Bains, Balaruc-le-Vieux, Saint-Bauzille-de-la-Sylve, La Boissière, Cazillac, Ganges, Saint-Georges-d'Orques, Saint-Jean-de-Fô, Saint-Mathieu-de-Trévières, Saint-Saturnin, Puéchabon, Mèze. — *Ille-et-Vilaine* : Rennes, Saint-Malo, Redon, Dôle, Fougères, Antrain. — *Isère* : Grenoble, Bourgoin, Vienne, Voiron, Rives, Bourg-d'Oisans, Domène, Saint-Jean-de-Bournay, Les Avenières, Morestel, Mens, Vif, Varcès. — *Landes* : Mont-de-Marsan, Dax, Roquefort. — *Loire* : Saint-Etienne, Montbrison, Saint-Galmier, Saint-Just-sur-Loire, Saint-Marcellin, Rochetaillée, Planfoy, Lorette, Boën-sur-Lignon, Chazelles-sur-Lyon. — *Loire (Haute)* : Le Puy, Saint-Paulien, Vorey,

Yssingeaux, Montfaucon, Retournac, Brioude, Paulhaguet. — *Loir-et-Cher* : Blois, Mondoubleau, Orchais. — *Lot-et-Garonne* : Agen, Nérac, Villeneuve-sur-Lot, Marmande, Castelmoron. — *Lôzère*. — *Maine-et-Loire* : Angers, Cholet, Saumur. — *Marne* : Châlons-sur-Marne, Epernay, Dormans, Reims, Ay, Fismes, Jouy, Nogent-l'Abbesse, Prouilly, Vienne-le-Château, Vitry-le-François, Sermaize, Rosay, Vanoult-les-Dames. — *Marne (Haute-)* : Chaumont, Langres, Wassy, Saint-Dizier, Joinville, Bologne, Châteauvillain. — *Mayenne* : Laval, Château-Gonthier, Mayenne, Pré-en-Pail. — *Meurthe-et-Moselle* : Nancy, Pont-à-Mousson, Lunéville, Momeny, Thiaucourt, Varangéville, Halloville. — *Meuse* : Bar-le-Duc, Verdun, Commercy, Ligny-en-Barrois, communes des environs de Gondrecourt Ste-nay, Vaucouleurs, Creuß. — *Nièvre* : Nevers, Decize, La Machine, Château-Chinon. — *Oise* : Beauvais, Compiègne, Senlis. — *Orne* : Alençon, Mortagne, Moulins, la Marche, Vimoutiers, Domfront, La Ferté-Macé, Flers, Tinchébray. — *Puy-de-Dôme* : Clermont-Ferrand, Royat, Mont-Dore, La Bourboule, Issoire, Saint-Germain-Lambron, Champeix, La Tour-d'Auvergne, Riom, Aigueperse, Thiers, Arlanc, Chateldon. — *Pyrénées (Basses-)* : Pau, communes diverses de l'arrondissement de Pau, Oloron, Eaux-Bonnes, Orthez, Navarrenx, Bayonne, Biarritz. — *Pyrénées (Hautes-)* : Tarbes, Bagnères-de-Bigorre, Cauterets, Lourdes, Saint-Pé, Saint-Savin, Argelès, communes diverses. — *Rhône* : Lyon, Villefranche-sur-Saône, Amplepuis, Thizy. — *Rhin (Haut-)* : Belfort, Giromagny. — *Saône (Haute-)* : Vesoul, Gray, Lure. — *Saône-et-Loire* : Châlon-sur-Saône, Autun, Charolles, Bourbon-Lancy, Le Creusot. — *Savoie* : Chambéry, Aix-les-Bains, Saint-Jean-de-Maurienne, Albertville, Moutiers, Bourg-Saint-Maurice. — *Savoie (Haute-)* : Annecy, Bonneville, Thônes, Sallanches, Compagnie des Eaux-Belles. — *Seine* : Paris, communes suburbaines alimentées par la Compagnie générale des Eaux, communes suburbaines alimentées par la Compagnie des Eaux de la Banlieue, égouts du département de la Seine. — *Seine-et-Marne* : Melun, Fontainebleau, Provins, Nangis, Brie-Conte-Robert, Dammarie-les-Lys, Mormant. — *Seine-et-Oise* : Versailles, communes alimentées par la Compagnie générale des Eaux, communes alimentées par la Compagnie des Eaux de la Banlieue, Corbeil, Etampes, Montlhéry, Orsay, Villeneuve-Saint-Georges, Arpajon, Saint-Germain-en-Laye, Compagnie des Eaux du Vésinet, Poissy, Neauphle-le-Château, Asnières-sur-Oise, Avernes, Baillet, Belloy, Isle-Adam, Parmain, Limay, Louvres, Magny, Maisons-Laffite, Mareil, Marines, Marly-la-Ville, Mesnil-Aubry, Meulan, Pontoise, Puteaux, Saint-Ouen-l'Aumône, Vémars, Vétheuil, Viarmes. — *Seine-Inférieure* : Rouen, Le Havre, Yvetot, Etretat, Fécamp, Saint-Valéry-en-Caux, Harfleur, Montivillers, Gravelle, Sanvic, Sotteville, Petit-Quevilly, Saint-Etienne-du-Rouvray, Elbeuf et Caudebec-les-Elbœuf, Lillebonne, Caudebec-en-Caux, Fauville, Bolbec, Buchy, Londinières, Neufchâtel, Eu, Le Tréport-Mers. — *Sèvres (Deux-)* : Niort, Parthenay, Saint-Maixent. — *Somme* : Amiens, Montdidier, Albert, Villers-Bretonneux, Saint-Valéry-sur-Somme. — *Vendée* : Sables-d'Olonne, Fontenay-le-Comte. — *Vienne* : Poitiers, Châtelleraut, Montmorillon, Lussac-Châteaux, Couhé. — *Vienne (Haute-)* : Limoges, Magnac-Laval, Rochechouart, Saint-Junien, Saint-Mathieu, Saint-Yrieix, Saint-Léonard, Aixe, Bellac, Le Dorat. — *Vosges* : Fontaines publiques et privées, Epinal, Remiremont, Neufchâteau, Rambervillers, Saint-Dié, Darney, Bains. — *Yonne* : Vézelay, Vermenton, Saint-Bris, Courson, Briennon, Mailly-le-Château, Courgis.

Nous ne pensons pas qu'il ait jamais été procédé à une statistique des distributions d'eau de France ; nous avons tenté de l'établir. Nous avons, à cet effet, adressé des questionnaires à nos collègues de la plupart des départements ; soixante d'entre eux ont bien voulu les faire remplir et nous les retourner, nous les en remercions sincèrement. Le dépouillement de tous ces questionnaires constitue la matière du présent chapitre ; malgré sa longueur, il nous semble que ce travail est appelé à rendre des services. L'art des distributions d'eau repose sur quelques principes simples ; aussi semble-t-il facile et tout le monde le pratique ; de là des erreurs et des fautes assez nombreuses, que l'étude des solutions similaires permettra d'éviter, et cette étude est rendue pos-

sible par les courtes monographies qui vont suivre. Elles laissent quelques départements de côté, mais elles s'appliquent en somme à toutes les régions de la France et renferment tous les cas.

Provenance des eaux. — En France, c'est l'eau de source qui partout a la préférence, malgré les variations de débit et les pénuries auxquelles elle est exposée précisément aux époques de grande consommation. Vient ensuite l'eau des nappes souterraines et des puits, celle qui provient des galeries filtrantes et enfin l'eau des rivières mêmes ; les exemples de filtrage en grand et d'épuration, nombreux à l'Étranger, sont encore fort rares chez nous.

Développement des distributions. — Les distributions ayant trente ou quarante ans d'existence sont en petit nombre. Elles se sont, au contraire, multipliées dans ces dix dernières années ; il y a là un mouvement fort intéressant qui gagne les simples communes, si déshéritées jusqu'à ce jour.

La propagation des petits moteurs à vent, à vapeur, à gaz ou à pétrole, et des bonnes pompes, robustes, avec réservoir d'air comprimé, rend les solutions faciles et économiques.

Concession ou exploitation directe. — L'exploitation directe est à peu près la règle. Beaucoup de concessions, mal établies, draconiennes pour les communes, ont soulevé des procès interminables et ont empêché parfois l'organisation d'un bon service public en ne permettant pas de donner satisfaction aux besoins de la masse et aux lois de l'hygiène. Certaines villes ont dû racheter à grand frais des concessions anciennes, trop heureuses quand les bases du rachat avaient été prévues dans le traité.

La concession ne convient guère, en effet, pour des bourgs et des villes d'importance moyenne, car il faut que le concessionnaire trouve, outre l'intérêt et l'amortissement de son capital à un taux beaucoup plus élevé que celui des villes, la rémunération de son travail personnel et de celui de ses employés. Une ville a déjà un personnel de voyers, de comptables et même de cantonniers, qu'elle peut affecter en partie au service des eaux ; elle l'exploite donc économiquement, surtout quand elle place à la tête du service un directeur vigilant et expérimenté.

Il ne faut pas méconnaître cependant les avantages de la concession : elle débarrasse les villes d'un certain aléa et surtout des dangers d'une exploitation industrielle, dangers parfois sérieux lorsque le service comporte de grandes usines. Liée par son traité, la ville n'est

plus exposée à des gaspillages, à des réductions de prix, à des faveurs excessives, qu'il est souvent difficile d'éviter.

Le rendement financier obtenu par les concessionnaires est plus élevé, car leur intérêt est plus surexcité, et souvent ils font payer le service public ; à ce point de vue, la concession est avantageuse et ménage pour les villes d'importantes ressources pour le jour où la concession sera expirée et où les travaux leur reviendront.

On peut objecter à cela qu'une distribution d'eau n'est pas une affaire financière, qu'elle est avant tout un service public, que répandre l'eau à profusion est pour les municipalités un devoir au moins aussi impérieux que celui de l'éclairage ou du nettoyage de la voie publique, et qu'il convient en pareille matière de rester libre de ses actions afin de faire face à tous les besoins présents ou futurs.

Dans les grandes villes, la concession ou la régie intéressée, telle qu'elle est pratiquée notamment pour Paris et pour Lyon par la Compagnie générale des Eaux, n'a pas donné de mauvais résultats ; il est vrai qu'elle n'a point gêné le développement du service public.

Tout en préférant l'exploitation directe pour les bourgs et pour les villes moyennes, nous ne condamnons donc pas la concession pour les grandes villes, à condition qu'elle s'appuie sur des traités bien étudiés, qu'elle laisse au développement du service public toute la latitude nécessaire et qu'elle prévoie la procédure du rachat que peut toujours rendre nécessaire à un moment donné la transformation d'une ville.

Produit financier des distributions d'eau. — Nous avons indiqué dans le tableau statistique le rendement par tête de toutes les distributions d'eau qui ont un service privé. Nous ne pensons pas que l'on puisse tirer une conclusion nette de l'examen de ce tableau : le rendement est d'ordinaire plus élevé dans les concessions que dans l'exploitation directe, mais beaucoup de concessionnaires reçoivent une redevance parfois trop élevée pour le service public, et cette redevance n'existe pas dans l'exploitation directe. Le rendement dépend du reste de la densité et surtout de la richesse de la population ; les centres de villégiature ont naturellement un produit fort élevé. Le rendement va, du reste, partout croissant d'année en année, et il est loin, dans la plupart des villes, d'avoir atteint son maximum. Chaque année, le nombre des abonnés augmente et aussi le volume de la consommation par abonné.

Influence du service public sur le produit. — Quand un service d'eau entre en fonctionnement, les propriétaires conservent quelque temps leurs pompes, leurs citernes, leur ancien mode d'approvisionnement et reculent devant la dépense première d'installation, toujours

notable même lorsque la ville prend à sa charge le branchement sous la voie publique. Mais, à mesure que les anciens systèmes exigent des réparations, on les abandonne et on prend un abonnement.

Le nombre des bornes-fontaines publiques a évidemment une influence sur la vente ; s'il y a une borne tous les 80 ou 100 mètres par exemple, les petits propriétaires s'en contentent longtemps et reculent devant une installation particulière. Ils finissent cependant par y arriver, car les avantages du robinet qu'on a sous la main, dans son domicile même, sont énormes en regard de la sujétion qu'impose l'obligation de s'alimenter à une borne même voisine.

Le nombre des bornes-fontaines, renfermé dans des limites raisonnables, ne nuit donc pas beaucoup au développement du service privé, mais il le ralentit.

C'est donc agir sagement de réduire, pendant les premières années d'une distribution d'eau, le nombre des bornes publiques au strict indispensable, surtout dans les quartiers riches ; on accélère ainsi le mouvement des abonnements, et on peut plus tard développer dans une certaine mesure le service public sans nuire à la recette.

Mode de livraison de l'eau. — Nous avons déjà traité cette question ailleurs. — Le robinet libre est la solution la plus simple, la plus économique, celle qui développe le plus les abonnements, mais elle engendre vite le gaspillage, et on est souvent conduit à l'abandonner ou à la réglementer lorsqu'on ne dispose pas d'une quantité d'eau considérable et presque illimitée.

Le robinet de jauge a l'avantage de régulariser le service des machines, en annulant les variations de la consommation horaire ; il a malheureusement beaucoup d'inconvénients pour la qualité de l'eau et semble appelé à voir ses applications se réduire.

Le compteur a sa place toute marquée dans les grandes villes, surtout lorsqu'elles comprennent d'importants immeubles, mais il ne peut guère être propagé dans les bourgs ou dans les petites villes, parce qu'il coûte trop cher d'installation, d'entretien et de surveillance ; souvent il double le prix de l'abonnement. Le compteur économique est encore à trouver ; il serait cependant désirable d'en avoir un, dût-on sacrifier un peu de la précision. L'usage du compteur laisse subsister les variations horaires de la consommation et peut avoir des inconvénients pour la régularité du service, lorsqu'on ne dispose pas de réservoirs suffisants. — Quoi qu'il en soit, il est certain que le système du compteur est appelé à se développer, surtout si les villes ne cherchent pas à tirer un revenu supplémentaire de la vente ou de la location de ces appareils.

Prix de vente de l'eau. — Le prix de vente de l'eau au mètre cube et le prix des abonnements est très variable, et il est impossible qu'il en soit autrement, car il faut que ce prix soit dans une certaine mesure en rapport avec la dépense, mais il faut surtout qu'il soit en rapport avec le service rendu. Lorsque les anciens moyens d'alimentation sont simples et nombreux, on ne peut les combattre qu'avec un tarif réduit ; s'agit-il, au contraire, de desservir un centre privé d'eau, construit sur un plateau sec, on peut avec raison installer un tarif plus élevé. — On ne saurait donc, là encore, poser des règles fixes.

Le prix de vente au mètre cube s'abaisse, d'ordinaire, dans une proportion considérable quand le cube consommé s'accroît. Il y a des concessionnaires qui vendent le mètre cube 1 franc, mais ce tarif est tout à fait exceptionnel. Voici les variations du prix du mètre cube d'eau dans quelques villes :

Laon.....	0 ^{fr} ,65 à 0 ^{fr} ,30	Grenoble.....	0 ^{fr} ,055
Mézières.....	0 20	Saint-Étienne.....	0 27
Troyes.....	0 14 à 0 06	Fontainebleau.....	0 30
Marseille.....	0 20	Épinal.....	0 08 à 0 15
Caen.....	0 28 à 0 17	Angers.....	0 18
La Rochelle.....	0 10 à 0 25	Chalons.....	0 40 à 0 18
Lyon.....	0 60	Nancy.....	0 10 à 0 05
Poitiers.....	0 20 à 0 10	Alençon.....	0 40 à 0 36
Besançon.....	0 20 à 0 08	Clermont-Ferrand...	0 10 à 0 25
Évreux.....	0 24 à 0 07	Tarbes.....	0 50 à 0 40
Chartres.....	0 30 à 0 10	Eu, le Tréport.....	0 40 à 0 20
Bordeaux.....	0 30 à 0 125		

Mais il convient de remarquer : 1° que c'est le prix fort qu'il faut surtout appliquer, car le prix faible s'applique à de très grosses consommations ; 2° que la redevance annuelle est toujours fixée à un certain minimum, de 20 francs au moins, 44 francs à Grenoble ; 3° que le prix doit être majoré de la location et de l'entretien du compteur, qui s'élève au moins à 12 francs par an.

En résumé, le prix de 0^{fr},30 le mètre cube doit être considéré comme une moyenne raisonnable.

Dans certaines villes, il y a un tarif réduit pour la consommation industrielle.

Pour les ménages ordinaires, qui constituent la généralité, la concession se fait le plus souvent avec un seul robinet libre sur l'évier de la cuisine. On paye la redevance annuelle ci-après :

Laon.....	18 ^{fr} ,25	Évreux.....	48 ^{fr} »	Rennes.....	12 ^{fr} , »
Mézières.....	18 »	Bordeaux.....	12 »	Saint-Étienne..	28 »
Troyes.....	16 »	Grenoble.....	12 »	Angers.....	16 »
Caen.....	15 »	(Robinet de palier)	7 50		

Chaque personne en plus de 3 augmente la redevance d'une certaine somme.

Dans quelques villes le tarif est fixé suivant la *valeur locative* de l'appartement ; c'est, en effet, une chose rationnelle dans les grandes villes industrielles. — Il est désirable qu'un ménage ouvrier arrive à avoir de l'eau pour ses besoins à raison de 1 franc par mois, 10 à 12 francs par an.

A Francfort-sur-le-Mein, les abonnements se calculent à raison de 4 0/0 de la valeur locative jusqu'à une valeur locative de 3 000 marcs : pour les grosses consommations l'abonnement est au compteur.

Nous ne voulons pas insister sur ces détails d'exploitation.

Lorsqu'on a à établir un règlement pour le service des eaux, la meilleure marche à suivre est de se procurer les règlements des localités voisines ou similaires, de les comparer et d'en tirer ce qui semble le meilleur.

TABLEAU STATISTIQUE
DES
DISTRIBUTIONS D'EAU
DE FRANCE

DÉPARTEMENTS	COMMUNES	PROVENANCE de L'EAU	PROCÉDÉ D'ADDUCTION AQUEDUC SANS MACHINES OU MACHINES ÉLÉVATOIRES	DÉBIT EN LITRES A LA SECONDE		
				Maxi-	Mini-	
				mum	mum	
Ain	Ferney	Source	Conduite forcée fonte et ciment	7,5	6	
	Belley	Source	Conduite forcée fonte et terre cuite	17	5	
	Bellegardé	Rivière du Rougeland	Conduite forcée en ciment	10	7	
	Oyonnax	Source de la Doye	Conduite forcée en ciment	16	16	
	Cézyriat	Sources	Conduite forcée en fonte	1,7	0,7	
	Bourg	Sources	Conduite forcée en ciment	45	45	
Aisne	Laon	Nappe de la Craie	Machines élévatoires à vapeur	11	7	
	Saint-Quentin	Sources	Machines élévatoires à vapeur	105	105	
	Chauny	Sources	Conduite forcée en fonte	15	5	
	Soissons	Sources, galeries	Conduite forcée; machines élévatoires	12	9	
	Coney-le-Château	Source	Refoulement par béliers	»	»	
	Villers-Cotterets	Source	Refoulement par machines à vapeur	8	8	
Alpes (Basses-)	Barcelonnette	Sources	Conduite libre en ciment	10	3	
	Allier	Moulins	Alluvions de l'Allier	Puits et machines élévatoires	55	»
		Privas	Sources	Conduite en fonte et ciment	17	6
		Chomérac	Source	Conduite en ciment	0,5	»
		Bourg-Saint-Andéol	Rivière, galeries	Conduite en ciment	20	9
		Meysses	Rivière, barrage	Conduite en ciment	14	14
Marcols		Sources	Conduite en poterie vernissée	0,6	0,25	
Ardèche	Tournon	Rivière, barrage	Conduites en ciment	30	30	
	Annonay	Barrage, réservoir	Barrage du Ternay, conduite en ciment	60	60	
	Aubenas	Source	Conduite en ciment	23	23	
	Ardennes	Charleville	Sources	Conduite en fonte	40	40
		Mézières	Sources	Conduite en fonte	12	10
		Revin	Source et rivière	Conduite en fonte	10	7
Carignan		Source	Conduite en fonte	8,5	8	
Ariège	Foix	Sources	Conduites en fonte	20	5	
	Saint-Girons	Sources	Conduite d'aménée en ciment	80	80	
	Pamiers	Rivière Ariège	Galeries et filtres, machines élévatoires	20	20	
Aube	Troyes	La Seine	Machines à vapeur et pompes	130	65	
	Nogent-sur-Seine	La Seine	Turbine et pompes	8	5	
	Bar-sur-Seine	Puits près Seine	Machines à vapeur	2 800	155	
	Villemoiron	Nappe souterraine	Aqueduc et conduite forcée en fonte	2 500	160	
	Maraye-en-Othe	Nappe souterraine	Galerie et conduite forcée en tôle bitumée	5	5	
	Laines-aux-Bois	Nappe souterraine	Puits, galerie, conduite forcée en fonte	6	6	
	Sommeval	Nappe souterraine	Puits, galerie, conduite forcée en fonte	20	4	
	Bouilly	Nappe souterraine	Puits, galerie, conduite forcée en fonte	5	5	
Bouches-du-Rhône	Bar-sur-Aube	Sources	Conduite d'aménée en ciment et en fonte	7	2	
	Marseille	La Duranée	Aqueduc, canal	16	10,5	
	Allauch	Canal de Marseille	Refoulement par machines hydrauliques	3 400	3 400	
	La Ciotat	Canal de Marseille	Aqueduc, canal	10	10	
	Martigues	Canal du même nom	Conduite forcée en fonte	50	50	
	Caen	Sources	Adduction par conduite forcée en fonte	15,5	15,5	
	Lisieux	Sources	Adduction par conduite forcée en fonte	81	65	
	Trouville	Sources	Conduite forcée en grès et en fonte	21	18	
Calvados	Falaise	Sources	Conduite forcée en fonte	9	9	
	Bayeux	Sources	Machines élévatoires à vapeur	8	5	
	Port-en-Bessin	Source	Adduction par conduite en fonte	14	14	
	Aurillac	Sources, rivière	Adduction par conduites en fonte	3,5	0,9	
Cantal	Murat	Sources	Drainage par conduite libre en ciment	28	14	
	Angoulême	Sources	Conduite en fonte, machines à vapeur et hydrauliques	5	2,5	
Charente	Jarnac	Sources	Machines à vapeur	47	47	
	La Rochelle	Nappes souterraines	Machines à vapeur	8	8	
Charente-Inférieure	Saintes	Source	Machines hydrauliques, machines à vapeur	33 500	120	
	Rochefort	Source	Machine à vapeur	4 800	145	
	Bourges	Nappe souterraine	Machines à vapeur	26 800	175	
Cher	Vierzon	Galerie filtrante	Machines à vapeur	18 460	250	
				33 300	60	

POPULATION DÉSERVIE	VOLUME MINIMUM PAR TÊTE ET PAR JOUR (litres)	DÉPENSE de PREMIER ÉTABLISSEMENT (francs)	DÉPENSE ANNUELLE (francs)	PRODUIT ANNUEL (1894) (francs)	PRODUIT PAR TÊTE (francs)	GENRE D'EXPLOITATION	OBSERVATIONS		
								DÉBIT EN LITRES A LA SECONDE	
								Maxi-	Mini-
2 000	260	95 000	1 700	5 990	3	Compagnie.	Le trop plein sert à l'irrigation. Recettes en 1883 : 4 400 francs. Cinq kilomètres de conduites de distribution en terre cuite. Recette en 1878 : 1 780 francs. La recette croît de 500 francs par an dans les dernières années. Pas de service privé.		
5 000	86	150 000	1 000	2 200	0,44	Direct.			
2 300	260	32 000	600	3 440	1,50	Compagnie.			
4 461	320	120 000	1 000	2 900	0,65	Concession.			
900	67	29 000	»	»	»	Direct.			
15 000	260	400 000	4 800	14 560	1	Direct.			
10 000	60	300 000	11 500	42 600	4,26	Concession.	Concession de trente ans finissant en 1904. Installation insuffisante, population croissante. Service public insuffisant. Installation ancienne à perfectionner. Installation récente. 1887. 1884. Distribution pour village.		
47 000	190	1 200 000	45 000	45 000	1	Direct.			
9 300	45	275 000	1 500	12 000	1,30	Concession.			
10 000	78	250 000	8 500	15 500	1,50	Direct.			
720	90	42 000	100	1 500	»	Direct.			
4 580	150	138 000	7 000	18 300	4	Direct.			
355	69	4 650	100	340	1	Direct.			
2 000	130	37 000	450	1 800	0,90	Direct.	Absence de réservoir.		
21 500	210	850 000	16 100	12 550	0,60	Direct.	1893. Le produit n'est pas encore développé.		
5 200	100	139 000	1 100	15 500	3	Direct.	La consommation ne dépasse pas 100 litres par tête. Service public bien assuré. Ecoulement permanent à deux lavoirs. La recette était de 8 500 francs en 1885. La recette s'est élevée de 10 000 francs en dix ans. Fuites fréquentes dans les conduites.		
1 200	38	45 000	350	700	0,60	Direct.			
4 100	190	160 000	900	3 700	0,90	Direct.			
950	230	23 200	50	200	0,20	Direct.			
650	30	9 000	»	0	»	Direct.			
4 000	650	400 000	3 000	10 500	2,60	Direct.			
15 000	345	777 000	11 400	40 000	2,65	Direct.			
5 000	200	500 000	9 992	3 300	1,95	Direct.			
18 000	192	759 000	4 000	18 500	1	Direct.	Chaque année la recette augmente notablement. Distribution ancienne. La distribution ne date que de 1891. La distribution ne date que de 1894.		
7 000	125	»	1 750	5 600	0,80	Direct.			
4 000	150	200 000	2 000	995	»	Direct.			
2 000	350	145 000	»	»	»	Direct.			
5 500	82	55 000	1 100	2 100	0,45	Direct.	Service insuffisant en temps de sécheresse. Service public très large. Pas de réservoir; machines à marche constante.		
4 500	150	165 000	300	3 200	0,70	Direct.			
8 000	215	»	2 000	1 500	0,20	Direct.			
33 000	170	344 000	28 400	62 250	1,90	Direct.	Une adduction de sources est en projet. La turbine a remplacé des béliers. L'eau est concédée à la Compagnie du gaz. Etablissement récent.		
2 800	155	224 000	4 800	8 300	3	Direct.			
2 500	160	»	7 785	4 800	1,90	Concession.			
350	1 500	42 000	50	280	0,90	Direct.			
660	450	105 000	100	2 000	3	Direct.			
400	1 000	71 000	»	1 200	3	Direct.			
300	260	63 500	100	907	3	Direct.			
705	210	120 000	300	1 800	2,55	Direct.			
4 342	200	154 000	1 000	7 200	1,60	Concession.			
406 000	710	24 000 000	400 000	1 200 000	2,95	Direct.	Le canal sert aussi à l'irrigation. Service public très considérable.		
1 500	576	175 000	41 60	5 000	3,33	Direct.			
14 000	310	1 340 000	15 000	30 000	2,15	Direct.			
5 000	264	58 000	1 000	9 834	1,95	Direct.			
44 600	128	2 500 000	17 200	42 500	0,95	Direct.	Le rendement semble trop faible. Compagnie générale des eaux. Population variant de 6 000 à 2 500 habitants.		
16 260	92	600 000	»	22 000	1,35	Concession.			
variable	»	350 000	12 000	25 000	»	Concession.			
8 000	56	150 000	2 200	3 200	0,40	Direct.			
7 000	175	350 000	»	5 800	0,80	Concession.	L'exploitation seule a été concédée.		
1 270	61	20 000	200	220	0,15	Direct.			
16 750	75	332 000	»	8 467	0,50	Direct.	Projets d'amélioration à l'étude. Service public très large.		
3 190	60	35 000	700	307	0,10	Direct.			
33 500	120	1 720 000	35 500	41 000	1,20	Direct.	Installation récente.		
4 800	145	160 000	4 300	9 000	1,90	Direct.			
26 800	175	1 534 000	37 000	81 300	3,00	Direct.	Agrandissements successifs.		
18 460	250	550 000	17 800	26 400	1,40	Direct.			
33 300	60	1 370 000	36 000	62 600	1,90	Direct.			
25 000	150	»	26 000	56 000	2,25	Mixte.	Le montage de l'eau est affermé. Consommation d'hiver faible.		
10 000	30	289 000	8 300	9 250	0,95	Direct.			

DÉPARTEMENTS	COMMUNES	PROVENANCE de L'EAU	PROCÉDÉ D'ADDUCTION AQUEDUC SANS MACHINES OU MACHINES ÉLÉVATOIRES	DÉBIT EN LITRES A LA SECONDE		POPULATION DESSERVIE	VOLUME MINIMUM PAR TÊTE ET PAR JOUR (litres)	DÉPENSE de PREMIER ÉTABLISSEMENT (francs)	DÉPENSE ANNUELLE (francs)	PRODUIT ANNUEL (francs)	PRODUIT PAR TÊTE (francs)	GENRE D'EXPLOITATION	OBSERVATIONS
				Maxi- mum	Mini- mum								
Dordogne	Périgueux	Sources	Machine hydrauliques, machines à vapeur	75	75	30 725	215	1 237 000	36 900	24 260	0,80	Direct.	
	Thiviers	Sources	Machine à vapeur	5	3,5	2 400	125	160 000	4 800	1 200	0,50	Direct.	
Doubs	Besançon	Sources	Adduction par la gravité, aqueducs et tuyaux en fonte.	635	121	56 500	190	3 300 000	15 000	98 000	1,75	Direct.	Distribution très large, très abondante.
	Montbéliard	Sources	Machine à vapeur	22	11	9 860	100	273 000	4 500	4 650	0,50	Direct.	Recettes en progression.
	Etupes	Sources	Tuyaux en poterie ou en fonte	18	11	887	1 100	50 000	60	81	0,10	Direct.	
Drôme	Valence	Nappe souterraine	Adduction par galeries	128	25	22 500	97	1 500 000	25 000	46 500	2,05	Direct.	Grandes variations de débit.
	Tain	Nappe souterraine	Adduction par galeries	20	16	3 000	500	70 000	2 000	2 000	0,65	Compagnie.	La ville est associée avec des particuliers.
	Romans	Nappes souterraines	Galeries, conduites en ciment	82	82	12 600	570	395 000	4 400	11 700	0,95	Direct.	Service public très étendu.
	Die	Sources	Conduite en ciment	12	12	3 730	280	60 000	1 500	4 106	1,10	Direct.	
	Montélimar	Sources	Conduites en ciment	65	55	12 000	465	390 000	5 000	32 400	2,70	Direct.	Accroissement de 500 francs par an pour les recettes.
Nyons	Nyons	Eaux souterraines	Galeries, conduites en poterie	1,7	1,2	2 000	50	38 000	500	3 000	1,50	Direct.	
	Évreux	Nappe souterraine et rivière	Galeries, machines à vapeur	17	9,5	15 000	70	520 000	18 000	25 000	1,65	Concession.	L'exploitation est concédée.
Eure	Louviers	Nappe souterraine	Puits et machines à vapeur	23	23	8 500	235	300 000	22 000	19 000	2,25	Direct.	Conduites en ciment défectueuses.
	Bernay	Sources	Roue hydraulique	3,5	3,5	6 500	46	90 000	4 500	1 400	0,20	Direct.	Puits et fontaines subsistant dans la ville.
	Vernon	Sources	Galerie souterraine de captation	15	9	8 376	90	260 000	3 000	15 000	1,80	Direct.	
Eure-et-Loir	Chartres	Rivière d'Eure	Machines à vapeur	50	25	22 300	100	584 000	26 015	56 000	2,50	Direct.	Travaux d'amélioration en cours.
	Dreux	Sources	Moteur hydraulique, machine à vapeur	30	10,5	9 500	»	350 000	8 000	27 400	2,90	Direct.	
	Châteaudun	Sources	Roue hydraulique, machine de secours	10,5	10,5	4 500	200	275 000	8 600	11 300	2,50	Direct.	
	Nogent-le-Rotrou	Sources	Adduction, conduits en fonte	11	11	7 000	130	278 000	1 800	9 712	1,40	Direct.	On a perdu en 1894 500 francs de la Compagnie de l'Ouest.
	Janville	Puits	Machine à vapeur	0,9	0,6	1 263	41	110 000	3 750	6 000	4,70	Compagnie.	Il n'y a pas de service public.
Finistère	Quimper	Nappe souterraine	Aqueduc de captation, conduite d'aménée en grès	41	16	18 000	82	227 500	»	»	»	Direct.	Service établi en 1895.
Gard	Alais	Sources	Adduction par conduite en ciment	76	76	23 000	275	499 000	»	38 000	1,65	Direct.	Dépenses d'exploitation très faibles.
	Le Vigan	Sources	Adduction par conduite en ciment	»	»	4 200	»	69 000	500	6 400	1,50	Direct.	Débit inconnu.
Garonne (Haute)	Bagnères-de-Luchon	Sources	Adduction par conduite en fonte	55	55	4 000	1 188	275 000	1 200	5 095	1,30	Direct.	Population doublée en été.
	Saint-Gaudens	Galerie filtrante	Élévation par turbines	20	20	4 800	360	100 000	3 770	3 700	0,75	Direct.	
	Montrejeau	Galerie filtrante	Élévation par turbines	5,5	5,5	3 000	155	155 000	1 650	2 790	0,90	Direct.	
Gironde	Bordeaux	Sources	Aqueducs, machines à vapeur	630	630	252 000	215	14 900 000	257 000	925 000	3,70	Direct.	Bonne alimentation.
	Libourne	Rivière	Épurateurs Anderson, machines	35	22	17 000	115	810 000	16 100	16 000	1,00	Direct.	Installation récente.
	Bazas	Sources	Conduite en ciment et fonte	9,5	7	2 650	240	51 000	1 050	1 672	0,60	Direct.	
Hérault	Béziers	Galerie et puits filtrants	Turbines, machines à vapeur	150	95	45 475	180	»	90 000	120 000	2,65	Direct.	Captations successives.
	Lodève	Sources	Adduction par tuyaux en fonte	20	5	9 000	50	172 600	1 200	»	»	Direct.	Les concessions sont vendues à perpétuité.
	Cette	Sources	Machines à vapeur	93	75	35 000	185	2 000 000	94 000	195 000	5,75	Direct.	
	Gignac	Eau de rivière	Roue hydraulique	16	16	2 530	500	250 000	2 900	2 900	1,10	Direct.	
	Amiane	Sources	Tuyaux en poterie	20	20	3 100	550	46 000	200	2 200	0,70	Direct.	
	Balaruc	Sources	Moulin à vent	0,5	0,2	680	22	25 000	100	300	0,45	Direct.	
	Cazilhac	Eau de rivière	Roue Sagebien	5	5	719	600	45 200	250	210	0,30	Direct.	
	Ganges	Eau de rivière	Turbine	25	17	4 550	310	127 000	1 750	3 500	0,75	Direct.	
Ille-et-Vilaine	Rennes	Drainage	Aqueducs	140	140	54 000	220	5 135 000	»	108 000	2,00	Direct.	La Compagnie des eaux indique un produit de 275 000 francs pour son exploitation de Rennes.
	Saint-Malo	Drainage	Conduite d'adduction en fonte	30	3	10 000	30	710 000	4 800	25 600	2,55	Direct.	Il y a un service spécial pour l'arrosage public.
	Fougères	Sources	Conduite d'adduction en fonte	8	3,5	16 200	20	185 000	1 600	9 200	»	Direct.	
Isère	Grenoble	Sources	Aqueducs, conduite en ciment et fonte	700	700	62 000	1 000	2 384 500	19 000	227 000	3,65	Direct.	Alimentation magnifique.
	Bourgoin	Sources	Adduction en tuyaux de ciment	33	33	7 500	133	»	3 000	7 695	1,00	Direct.	Concession primitive rachetée.
	Vienne	Sources	Aqueduc romain, machines à vapeur	115	115	25 000	400	»	»	41 200	1,65	Direct.	
	Bourg d'Oisans	Sources	Machine hydraulique	5	5	1 380	300	45 000	600	550	0,45	Direct.	
	Domène	Sources	Grande chute, tuyaux de ciment	20	20	1 987	870	61 500	1 500	1 680	0,85	Direct.	L'eau est utilisée pour un moteur.
Landes	Mont-de-Marsan	Sources	Turbine, moteur à gaz	21	21	12 030	150	178 000	3 040	8 615	0,70	Direct.	Concession rachetée.
	Saint-Étienne	Sources, réservoirs	Aqueducs, barrages	260	260	150 000	150	5 842 000	54 000	462 000	3,08	Direct.	Projets nouveaux à l'étude.
Loire	Montbrison	Eau de rivière	Conduite d'adduction en fonte	20	20	7 000	247	200 000	2 400	5 950	0,85	Direct.	
	Lorette	Sources	Conduite d'adduction en fonte	16	9	4 000	200	60 000	200	248	»	Direct.	
	Chazelles-sur-Lyon	Sources et drainages	Aqueduc	10	2,2	4 500	43	300 000	2 500	5 000	1,10	Direct.	
Loire (Haute-)	Le Puy	Sources	Conduite en fonte	37	37	16 900	190	700 000	5 000	30 000	1,80	Direct.	En 1894, une partie des sources a été détournée.
	Brioude	Eau de rivière	Galerie filtrante, tuyaux en ciment et en poterie vernissée	8,5	7,5	4 900	135	277 000	1 600	3 700	0,75	Direct.	On substitue la fonte à la poterie.
Loire-et-Cher	Blois	Eau de la Loire	Bacs filtrants, machines à vapeur	29	29	20 000	125	500 000	31 000	62 000	3,10	Direct.	
	Mondoubleau	Eau de rivière	Deux béliers hydrauliques	2,5	2,5	1 350	150	30 000	300	1 000	0,75	Direct.	

DÉPARTEMENTS	COMMUNES	PROVENANCE de L'EAU	PROCÉDÉ D'ADUCTION AQUEDUC SANS MACHINES OU MACHINES ÉLÉVATOIRES	DÉBIT EN LITRES A LA SECONDE	
				Maxi- mum	Mini- mum
				Lot-et-Garonne.	Agen
	Villeneuve-sur-Lot	Eau de rivière	Turbines et pompes	40	20
Maine-et-Loire.	Angers	Galerie filtrante	Machines à vapeur	165	165
	Saumur	Eau de Loire	Machines à vapeur	12	12
Marne	Châlons	Galerie filtrante	Machines à vapeur	»	»
	Épernay	Source, puits	Machines à vapeur	»	»
	Reims	Nappe souterraine	Machines à vapeur	»	»
	Ay	Puits de 30 mètres	Machines à vapeur	»	»
	Fismes	Sources	Conduite en poterie	2,3	»
	Nogent-l'Abbesse	Source	Conduites en fonte	0,23	»
Marne (Haute-)	Chaumont	Source	Aqueduc en ciment, machine à vapeur	16	8,5
	Langres	Source	Aqueduc en ciment, machine à vapeur	17	3,5
	Wassy	Puits filtrant	Machines élévatoires	8	8
	Saint-Dizier	Galerie filtrante	Machines à vapeur	10	10
	Joinville	Source	Conduite en fonte	16	10
	Bologne	Source	Bélier hydraulique	1,8	»
Mayenne	Laval	Eau de rivière	Turbines, machine à gaz pauvre	35	35
	Château-Gontier	Eau de rivière	Machines à vapeur	8	8
	Mayenne	Sources, eau de rivière	Double canalisation, machine à vapeur	»	»
Meurthe-et-Moselle	Nancy	Galerie filtrante, sources	Machines hydrauliques	280	200
	Pont-à-Mousson	Sources	Aqueduc ; double canalisation	14	6
	Lunéville	Galerie filtrante	Turbines, machine à vapeur	60	60
	Thiaucourt	Source	Machine à vapeur	»	»
	Baccarot	Sources	Adduction par tuyaux de grès	»	»
Meuse	Bar-le-Duc	Source	Machines à vapeur	»	»
	Verdun	Galerie filtrante	Machines à vapeur	34	34
	Commercy	Galerie filtrante	Machines à vapeur	10,5	10,5
	Ligny-en-Barrois	Galerie de drainage	Conduite d'aménée	30	6
	Stenay	Sources	Conduite en grès	3	3
	Vaucouleurs	Sources	Conduite en fonte	30	8
Nièvre	Nevers	Sources, puits filtrants	Aqueduc en ciment de Yassy ; machines élévatoires à vapeur	»	»
	Decize	Puits filtrant en Loire	Machine à vapeur	15	15
Oise	Beauvais	Source	Aqueduc et machine hydraulique, conduite forcée	57	32
	Compiègne	Eau de l'Oise	Turbines	22	22
	Senlis	Puits	Puits foré jusqu'aux sables verts, 76 mètres	»	»
	Chantilly	Puits	Puits foré, machine à vapeur	26	26
Orne	Alençon	Sources	Conduite d'aménée en fonte	15	15
	Mortagne	Sources	Machines à vapeur	5,5	4,2
	Moulins-la-Marche	Sources	Conduite en grès vernissé	1,1	1,1
	La Ferté-Macé	Sources	Conduite en fonte	3,5	3,5
	Fliers	Drainages	Conduite en fonte	7	3,5
Puy-de-Dôme	Clermont-Ferrand	Sources	Conduites en fonte	150	50
	Royal	Sources	Conduites en poterie, en fonte	30	10
	Mont-Dore	Sources	Conduites en ciment	13	6,5
	La Bourboule	Sources	Conduites en fonte	9	9
	Riom	Sources	Conduites en fonte	24	24
Pyrénées (Basses-)	Pau	Source	Aqueduc libre en ciment	104	104
	Oloron	Eau de rivière	Conduite en fonte	24	24
	Orthez	Source	Conduite en fonte	1,3	1
	Navarrenx	Eau du Gave	Turbine et conduite en fonte	2	2
	Biarritz	Sources	Conduite en fonte	30	17
Pyrénées (Hautes-)	Tarbes	Nappe souterraine	Galerie de captation, aqueduc	»	»
	Bagnères-de-Bigorre	Sources	Conduite en fonte	120	120
	Cauterets	Eau du Gave	Conduite en fonte	115	115
	Argelès	Eau du Gave	Aqueduc en maçonnerie 1830	60	60

POPULATION DESSERVIE	VOLUME MINIMUM PAR TÊTE ET PAR JOUR (litres)	DÉPENSE de PREMIER ÉTABLISSEMENT (francs)	DÉPENSE ANNUELLE (francs)	PRODUIT ANNUEL (1894) (francs)	PRODUIT PAR TÊTE (francs)	GENRE D'EXPLOITATION	OBSERVATIONS
18 000	166	510 000	15 700	40 000	2,20	Direct.	Projets d'amélioration en cours.
8 500	200	334 000	6 700	3 000	0,35	Direct.	
73 270	190	2 000 000	55 000	144 000	2,00	Direct.	Consommation d'hiver : 68 litres par tête. Concession rachetée depuis 1891.
13 700	80	»	20 450	35 450	2,60	Direct.	
23 375	150	544 500	27 500	48 150	2,05	Direct.	Concession rachetée en 1891. Débit suivant les besoins.
13 300	100	250 000	14 000	54 600	3,00	Concession.	
106 000	140	2 433 000	68 000	263 750	2,50	Direct.	Débit suivant les besoins.
5 700	35	65 400	5 600	10 000	1,75	Concession.	
2 500	80	40 000	650	4 500	1,80	Direct.	
620	32	40 000	700	1 000	1,60	Direct.	
12 500	64	345 000	11 700	10 000	0,80	Direct.	Nouveau projet à l'étude.
7 800	37	400 000	»	15 000	1,90	Concession.	
3 050	200	80 000	1 500	11 000	0,35	Direct.	
7 500	110	379 000	8 200	6 000	0,80	Direct.	Service public très étendu. Exploitation récente.
4 000	215	208 500	1 450	3 200	0,80	Direct.	
580	270	34 875	75	300	0,55	Direct.	
26 500	115	400 000	»	22 000	0,85	Concession.	Mauvaise distribution. Service d'arrosage.
7 260	100	163 000	6 500	10 000	1,35	Direct.	
7 380	90	425 300	11 300	8 000	1,05	Direct.	Deux services distincts.
94 000	190	3 000 000	48 000	183 700	2,00	Direct.	Canalisation des sources peu importante.
11 600	45	218 000	2 700	9 000	0,80	Direct.	
21 542	230	573 000	17 000	22 090	1,00	Direct.	
1 400	71	71 500	1 500	500	0,30	Direct.	
6 723	»	29 500	4 000	8 000	1,20	Direct.	Eau surabondante.
18 761	140	597 000	21 000	31 360	1,70	Direct.	Consommation réduite à 50 litres en hiver.
15 000	200	444 500	15 100	23 220	1,60	Direct.	
7 000	128	220 000	6 650	9 900	1,40	Direct.	Exploitation récente.
5 100	100	55 000	1 000	3 600	0,70	Direct.	
4 500	55	150 000	400	3 500	0,80	Concession.	Pas de service public. Exploitation ouverte en 1895.
2 756	250	146 000	»	1 200	»	Direct.	
26 400	100	515 000	32 500	60 000	2,30	Concession.	La concession expire en 1909.
3 500	90	119 100	2 020	2 318	0,70	Direct.	
20 000	140	1 190 000	10 420	29 300	1,50	Direct.	Double alimentation. Concession rachetée, projets à l'étude
15 000	110	»	»	32 000	2,10	Concession.	
7 120	180	110 000	16 000	36 720	5,10	Compagnie.	Pas de service public. Ouvert en 1895.
4 500	266	370 000	11 100	25 000	5,50	Direct.	
18 741	80	700 000	10 000	18 000	1,00	Direct.	Ouvert en 1891.
4 045	90	160 000	8 000	2 573	0,65	Direct.	
5 000	125	29 560	»	»	»	Direct.	Pas de service privé
8 000	60	166 200	600	1 000	0,20	Direct.	
10 000	30	216 000	»	5 550	0,55	Direct.	
50 119	85	1 500 000	9 000	72 745	1,45	Direct.	6 000 baigneurs en été.
1 600	500	10 000	100	800	0,50	Direct.	
4 300	460	30 000	600	1 200	0,45	Direct.	8 000 habitants en été, 75 litres par tête. Population sédentaire 1 100 seulement.
10 000	72	40 000	1 000	4 300	»	Direct.	
11 600	190	1 000 000	1 000	6 240	0,95	Direct.	
30 000	300	1 395 000	11 142	40 600	1,35	Direct.	Pas de service privé.
8 758	230	340 000	500	5 980	0,70	Direct.	
4 273	20	65 000	900	»	»	Direct.	L'usine produit aussi l'éclairage électrique, 4 900 francs de recette. Concession récente, comme celle de Bayonne.
1 100	140	150 000	1 000	1 600	1,50	Direct.	
14 000	100	110 000	7 500	15 000	1,05	Concession.	
28 000	180	500 000	»	10 000	»	Direct.	Exploitation récente.
6 800	1 200	115 000	500	9 015	1,30	Direct.	
1 685	600	50 000	300	3 900	2,45	Concession.	Service privé : 252 litres par tête. Concession de 50 ans.
1 800	2 800	30 000	»	»	»	Direct.	

DÉPARTEMENTS	COMMUNES	PROVENANCE de L'EAU	PROCÉDÉ D'ADDUCTION AQUEDUC SANS MACHINES OU MACHINES ÉLÉVATOIRES	DÉBIT EN LITRES A LA SECONDE		
				Maxi-	Mini-	
				mum	mum	
Rhône	Lyon	Galeriet puits filtrants.	Machines à vapeur.	1 400	»	
	Villefranche-sur-Saône	Sources	Conduites en ciment et en fonte.	25	13	
	Amplepuis	Sources	Conduite en ciment	10	10	
	Thizy	Sources	Conduite en fonte.	0,7	0,07	
Rhin (Haut-)	Belfort	Sources et drainages	Conduites en fonte et en ciment.	44	44	
Saône (Haute-)	Vesoul	Sources	Conduites en fonte.	19	»	
	Gray	Puits, source	Machines à vapeur.	14	10	
	Lure	Puits, source	Machines à vapeur.	5	3	
Saône-et-Loire	Chalon-sur-Saône	Puits filtrants.	Machines à vapeur.	50	50	
	Autun	Sources drainées.	Conduites en ciment.	24	7	
	Charolles	Sources	Conduites en fonte.	10	5,8	
	Bourbon-Lancy	Sources	Conduite en grès, puis en fonte.	3	1,4	
Savoie	Chambéry	Source, puits	Machines à vapeur, conduites en fonte.	30	20	
	Albertville	Sources	Conduites en ciment, en fonte.	28	20	
Savoie (Haute-)	Anney	Sources	Conduites en ciment, en fonte.	20	10	
	Bonneville	Source	Galerie, conduite en fonte.	5	3	
	Thônes	Sources, drains	Conduites en fonte.	16	3,5	
	Sallanches	Source	Conduites en fonte.	7	4	
Seine-et-Marne	Melun	Eau de Seine	Machines à vapeur.	23	23	
	Fontainebleau	Nappe souterraine.	Machines à vapeur sur le bord de la Seine.	18	»	
	Provins	Sources	Turbine et machines à vapeur.	32	25	
	Nangis	Source	Machines à vapeur.	4	4	
	Brie-Comte-Robert	Source	Machines à vapeur.	»	»	
	Corbeil	Nappe souterraine.	Galerie filtrante près la Seine.	»	»	
	Etampes	Rivière	Moteur hydraulique.	7	7	
	Montlhéry	Source	Machine à vapeur.	»	»	
	Orsay	Puits	Conduites en fonte.	»	»	
	Arpajon	Rivière	Machines à vapeur.	11	2,5	
Seine-et-Oise	Saint-Germain-en-Laye	Nappes souterraines	Machines à vapeur.	95	80	
	Eaux du Vésinet	Nappe souterraine.	Puits, machines à vapeur.	105	60	
	Asnières-sur-Oise	Source	Conduite en plomb	1,08	1,08	
	Avernes	Sources	Tuyaux Chameroy	0,9	»	
	Limay	Sources	Conduites en fonte.	6	5	
	Louvres	Puits	Machine à vapeur.	1	0,18	
	Magny	Source	Machines hydrauliques.	5	5	
	Maisons-Laffite	Eau de Seine, puits	Machines à vapeur.	35	7	
	Marines	Sources	Conduites en fonte, aqueducs.	2,2	2	
	Marly-la-Ville	Puits	Machine à vapeur.	0,6	0,6	
	Meulan	Source	Machines à vapeur.	14	14	
	Pontoise	Rivière d'Oise et source.	Aqueduc, machines à vapeur.	15	7	
	Saint-Ouen-l'Aumône	Rivière	Machine à vapeur.	»	»	
	Vémars	Sources	Conduites en fonte.	»	»	
	Vétheuil	Sources	Conduites en fonte.	»	»	
Viermes	Sources	Conduites en fonte.	»	»		
Seine-Inférieure	Le Havre	Sources	Conduites en fonte.	250	220	
	Yvetot	Sources	Turbine, machines à vapeur.	»	»	
	Étretat	Rivière souterraine.	Machine à vapeur.	»	»	
	Fécamp	Sources	Aqueduc, roues hydrauliques, béliet	22	22	
	Saint-Valéry-en-Caux	Puits	Machine à vapeur.	»	»	
	Graville	Source	Machine à vapeur.	14	14	
	Lillebonne	Source	Conduite en fonte, château d'eau	3	3	
	Caudebec-en-Caux	Source	Roue hydraulique.	»	»	
	Fauville	Puits	Moulin à vent, puis machine à vapeur	2	»	
	Bolbec	Source	Machine à vapeur.	10	10	
	Neufchâtel	Source	Turbine hydraulique	10	7	
	Eu, Le Tréport, Mers	Puits artésien.	Moteur à gaz pauvre.	25	25	
	Deux-Sèvres	Niort	Source	Turbines et machines à vapeur.	»	»
		Saint-Maixent	Source	Machine à vapeur.	»	»
	Somme	Amiens	Sources	Moteurs hydrauliques et à vapeur	75	75
Montdidier		Source	Machine à vapeur.	»	»	
Villers-Bretonneux		Galerie filtrante	Turbine.	9	3,5	

POPULATION D'ESSAIE	VOLUME MINIMUM PAR TÊTE ET PAR JOUR (litres)	DÉPENSE de PREMIER ÉTABLISSEMENT (francs)	DÉPENSE ANNUELLE (francs)	PRODUIT ANNUEL (1894) (francs)	PRODUIT PAR TÊTE (francs)	GENRE D'EXPLOITATION	OBSERVATIONS
438 000	286	17 000 000	400 000	2 100 000	4,75	Concession.	Compagnie générale des eaux.
15 000	66	731 000	9 500	41 500	2,75	Concession.	Id.
5 000	170	285 000	1 000	7 000	1,40	Concession.	
5 000	11	32 000	250	2 513	0,50	Direct.	
34 000	110	300 000	2 000	24 000	0,90	Direct.	Population comprenant 8 000 militaires.
9 850	100	200 000	2 300	3 000	0,30	Direct.	
6 097	150	356 000	15 937	5 207	0,90	Direct.	Un usinier est chargé des machines à forfait.
4 500	55	137 300	11 650	1 017	»	Direct.	
24 600	145	685 000	37 740	44 300	1,80	Direct.	
13 000	46	195 000	5 000	4 000	0,30	Direct.	Service privé réduit.
2 700	190	75 400	700	1 580	0,60	Direct.	
1 600	95	83 000	600	»	»	Direct.	Pas de service privé.
17 000	100	390 000	9 200	20 000	1,15	Direct.	
5 000	350	160 000	1 500	4 000	0,80	Direct.	
12 000	72	200 400	1 300	4 660	0,40	Direct.	
2 000	125	36 000	»	500	»	Direct.	Exploitation récente
1 200	240	39 000	330	490	0,40	Direct.	
1 800	222	91 500	»	1 250	0,70	Direct.	
13 000	150	472 000	26 500	72 000	5,55	Concession.	Consommation d'hiver 70 litres. La recette comprend une redevance de la ville de 21 000 francs.
14 000	115	627 000	20 450	62 900	4,50	Direct.	
7 500	100	365 000	8 400	13 000	1,75	Direct.	Service public et gratuit très large.
2 709	130	350 000	13 000	19 000	7	Concession.	Service public, très faible.
3 000	200	260 000	10 200	15 000	5	Concession.	
8 184	100	250 000	9 600	15 800	1,90	Direct.	Prix de vente faible.
8 350	72	300 000	5 000	14 000	1,70	Direct.	
2 200	160	170 000	8 000	14 500	6,60	Concession.	Pas de service public.
1 640	61	50 000	1 500	4 000	2,40	Compagnie.	Pas de service public.
3 000	70	140 200	8 150	15 350	5,10	Compagnie.	Pas de service public.
14 262	450	»	45 000	109 000	7,50	Direct.	Service public réduit.
25 000	360	2 321 000	»	180 000	7,20	Compagnie.	id.
721	130	6 300	700	1 220	1,60	Direct.	
550	130	8 000	100	590	1	Direct.	
1 500	300	39 000	1 575	6 425	4,25	Direct.	
1 018	100	45 100	1 850	3 600	3,50	Direct.	
2 000	225	121 500	1 075	2 430	1,20	Direct.	Installation récente.
8 000	350	330 060	»	62 700	7,80	Compagnie.	Pas de service public.
1 527	115	70 000	600	1 980	1,30	Direct.	Service public étendu, prix de vente faible.
845	60	60 000	2 800	3 700	4,30	Direct.	
5 000	240	»	15 000	25 000	5	Compagnie.	Service public insignifiant.
7 400	190	700 000	17 000	25 400	3,40	Direct.	
1 790	160	56 000	5 500	7 700	4,30	Compagnie.	Concédé à la Compagnie du gaz.
437	30	38 200	150	2 000	4,60	Direct.	
625	110	20 800	60	380	0,65	Direct.	
1 200	300	10 000	1 200	2 000	1,65	Direct.	
116 369	150	7 150 000	112 300	485 250	4,15	Direct.	Concession rachetée.
7 700	100	550 000	20 000	35 000	»	Concession.	Le concessionnaire alimente deux gares.
4 000	200	»	6 900	7 700	1,95	Direct.	Population d'hiver 2 000.
13 500	140	»	9 000	30 000	2,20	Direct.	Concession rachetée.
2 800	85	80 000	6 200	9 830	3,50	Compagnie.	
8 500	140	220 000	13 000	15 400	1,80	Concession.	Progression régulière.
6 000	42	47 000	300	2 200	0,35	Direct.	
2 300	70	59 000	200	»	»	Direct.	Pas de service privé.
1 200	17	35 000	450	»	»	Direct.	Pas de service privé.
12 000	70	350 000	10 460	12 000	1,00	Concession.	
3 500	170	135 000	3 100	2 000	0,60	Direct.	
20 000	110	485 000	»	»	»	Concession.	1895. La population indiquée est celle d'été.
23 000	270	1 200 000	36 000	60 000	2,60	Direct.	Service très large.
6 000	100	60 000	11 000	8 000	1,65	Direct.	
78 000	83	»	18 334	127 000	1,65	Direct.	
4 500	»	175 000	7 400	10 000	2,20	Concession.	
5 000	60	306 000	1 100	17 000	3,40	Direct.	

DÉPARTEMENTS	COMMUNES	PROVENANCE de L'EAU	PROCÉDÉ D'ADDUCTION AQUEDUC SANS MACHINES OU MACHINES ÉLÉVATOIRES	DÉBIT EN LITRES A LA SECONDE	
				Maxi- mum	Mi- num
Deux-Sèvres...	Niort	Drainages	Barrage et galerie, machine à vapeur.....	12	6
	Fontenay-le-Comte.....	Nappe souterraine.....	Galerie, machine élévatoire.....	19	19
Vienne.....	Poitiers.....	Source.....	Aqueduc en ciment, turbine.....	100	60
	Lussac-les-Châteaux.....	Source.....	Moulin à vent, réservoir de 200 mètres.....	"	"
	Couhé.....	Source.....	Moteur hydraulique, machine à vapeur.....	"	4
Vienne (Haute-)	Limoges.....	Sources, drains.....	Aqueduc en ciment.....	92	46
	Rochechouart.....	Sources, drains.....	Conduite en ciment.....	1,7	0,85
	Saint-Junien.....	Sources, drains.....	Conduite en ciment.....	4,5	3,5
	Saint-Yrieix.....	Sources.....	Conduite en ciment.....	4,5	3
	Saint-Léonard.....	Source.....	Conduite en ciment.....	9	4
	Le Dorat.....	Source.....	Conduites en ciment, libres et forcées.....	0,7	"
Vosges.....	Epinal.....	Sources.....	Conduite en fonte.....	180	60
	Remiremont.....	Sources.....	Conduites en ciment, en grès.....	54	18
	Rambervillers.....	Sources.....	Conduites en grès.....	16	16
	Darney.....	Sources.....	Conduites en grès.....	4	4
Yonne.....	Vézelay.....	Source.....	Moteur hydraulique.....	2	2
	Vermonton.....	Source.....	Moteur hydraulique.....	7	7
	Toucy.....	Sources.....	Conduite d'aménée en fonte.....	3	2,5
	Saint-Bris.....	Source.....	Conduite en fonte.....	2	2
	Courgis.....	Source.....	Moteur à vent Bollée.....	"	"

POPULATION DESSERVIE	VOLUME MINIMUM PAR TÊTE ET PAR JOUR (litres)	DÉPENSE de PREMIER ÉTABLISSEMENT (francs)	DÉPENSE ANNUELLE (francs)	PRODUIT ANNUEL (1894) (francs)	PRODUIT PAR TÊTE (francs)	GENRE D'EXPLOITATION	OBSERVATIONS
11 169	55	490 000	16 500	20 400	1,85	Direct.	
8 800	180	431 000	16 900	12 900	1,45	Direct.	
38 000	135	3 650 000	40 855	50 000	1,30	Direct.	
800	25	21 210	" 200	295	0,35	Direct.	
1 554	200	78 400	"	1 184	"	Direct.	Exploitation récente.
62 000	65	2 704 000	34 000	62 400	1,00	Direct.	Alimentation insuffisante.
2 000	36	29 500	160	945	0,45	Direct.	
5 863	52	206 000	1 400	6 200	1,05	Direct.	
3 900	70	57 700	400	1 211	0,30	Direct.	
2 500	140	65 000	200	1 100	0,45	Direct.	
2 000	30	55 000	600	"	"	Direct.	Pas de service privé.
20 000	250	350 000	2 000	31 000	1,55	Direct.	Écoulement continu.
10 000	150	"	3 000	17 200	1,70	Direct.	
5 735	250	115 000	1 000	4 500	0,80	Direct.	
1 500	210	55 000	250	1 055	0,70	Direct.	
800	200	100 000	"	"	"	Direct.	Travaux terminés en 1895.
1 800	330	96 500	"	575	"	Direct.	Id.
2 400	145	99 000	500	800	0,40	Direct.	Travail de 1894.
1 300	130	91 500	300	400	0,30	Direct.	Service public abondant.
600	50	43 250	110	"	"	Direct.	Pas de service privé.

AIN

Ferney-Voltaire. *Source, conduite en ciment* (1864). — L'eau distribuée à cette commune et à plusieurs communes voisines provient d'une source située à 6 kilomètres de là, à l'altitude 490 mètres, captée au pied d'une couche de gravier, elle est surtout alimentée par la fonte des neiges du Jura. Eau assez pure, un peu gypseuse.

On recueille dans un réservoir de tête 7^m,5 à la seconde ; une conduite en ciment de 0^m,17, 4 kilomètres de long, charge maxima 10 mètres, conduit l'eau à Ornex d'où elle descend à Ferney, 50 mètres plus bas, par un tuyau en fonte de 0^m,10.

La distribution se fait par tuyaux en fonte de 0^m,05 et par petits tuyaux en fer étiré galvanisé. Les abonnés sont servis par robinets de jauge avec trous percés dans une plaque d'agate ; ils ont des réservoirs d'emmagasinage et de trop-plein. La pression disponible varie de 30 à 60 mètres. Il y a pour le service public des bouches de lavage et d'incendie.

Ferney, dépourvu d'eau potable, était autrefois ravagé par la fièvre typhoïde et s'est bien assaini.

Le rendement net du capital est d'environ 4 0/0.

Le directeur de la Société fait remarquer combien les impôts et redevances fiscales de tout genre grèvent lourdement les entreprises de ce genre, surtout au début de leur exploitation.

En effet, la loi devrait faciliter la création des Compagnies de distribution d'eau et leur accorder certains dégrèvements pendant les premières années de mise en marche. De trop lourdes charges, jointes à des formalités excessives, sont un obstacle sérieux au développement de ces utiles entreprises.

Belley. *Source, conduite en terre cuite* (1864). — L'eau très pure, légèrement calcaire, provient de la source d'Errefontaine, à 5 kilomètres du réservoir de distribution ; recueillie dans une petite chambre de captation, elle est amenée par une conduite de 0^m,20, logée à 1^m,20 sous le sol, moitié en tuyaux de fonte, moitié en tuyaux de terre cuite, à un réservoir de 100 mètres cubes. La chute totale est de 14 mètres. Le réseau de distribution est en tuyaux de terre cuite de 0^m,15 à 0^m,06 de diamètre.

Débit très variable : en temps normal 1 400 mètres cubes par jour ou 16 litres par seconde : en août 1893, il est tombé à 5 litres, taux un peu faible pour 5 000 habitants.

La distribution, qui a réalisé un grand progrès en 1864, est devenue insuffisante, et un nouveau projet devant amener 30 litres à la seconde est à l'étude. Le service public est assuré par 30 bornes-fontaines avec bacs pour abreuvoirs.

Bellegarde-sur-Valserine. *Source ; turbine et pompes (1876).* — Il y a deux distributions particulières :

1° La fontaine Saint-Martin, qui prend naissance dans le lit même de la Valserine, a été captée surtout pour les besoins de la papeterie Darblay.

L'eau traverse la rivière par une bache métallique et se rend de la rive gauche sur la rive droite dans un premier réservoir en ciment d'où elle est reprise par pompes et turbines et refoulée à 52 mètres plus haut dans un second réservoir d'où part une conduite de distribution en fonte de 0^m,15. Bien que l'eau soit surtout destinée à la papeterie, quelques abonnements sont consentis au taux admis par la Compagnie ci-après ; mais l'eau de la fontaine saint-Martin est bien meilleure que l'autre et constitue pour l'avenir une excellente réserve.

2° Une Compagnie, dite des Eaux du Rougeland, capte cette rivière dans sa partie haute ; à la moindre averse, les eaux sont troublées. Une conduite de 0^m,15 de 1 900 mètres de long, en ciment sauf 45 mètres, amène l'eau dans un réservoir de tête, d'où elle est distribuée. La Compagnie est au capital de 50 000 francs ; elle alimente six bornes publiques, à raison de 30 mètres cubes par borne et par jour. Le débit est insuffisant pour les besoins industriels et publics.

Oyonnax. *Source, conduite en ciment (1889).* — Un concessionnaire amène une partie des sources de la Doye par une conduite en ciment de 2 670 mètres de long et 0^m,20 de diamètre, dans un réservoir de 250 mètres cubes couvert en voûtes d'arête, divisé en deux compartiments. Il y a 4 400 mètres de conduites de distribution en fonte, de 0,06 à 0,25. Le produit des sources est loin d'être utilisé ; elles ont coûté 20 000 francs ; on prend 1 000 litres par minute. Le service public est bien assuré par des fontaines, des bornes et des lavoirs.

Cependant la recette, qui était de 911 francs en 1890, a augmenté jusqu'en 1894 de 500 francs par an.

Ceyzériat. *Source, conduite en fonte.* — Les sources de Bideveaux, captées et réunies par un tuyau en fonte de 0^m,05, sont amenées à un réservoir de 243 mètres cubes par une conduite de 0^m,08 consommant une charge de 0^m,0026 par mètre courant.

Le réservoir, creusé dans la roche délitée, est formé d'un simple revêtement de 0^m,50 d'épaisseur avec enduit en ciment de 0^m,03. Radier en béton de 0^m,30. Il n'y a qu'un service public formé de deux fontaines jaillissantes et de 8 bornes fontaines.

Le débit total varie de 66 à 152 mètres cubes par jour.

Le garde champêtre est chargé du service et de la surveillance.

Bourg. *Source, conduite en ciment* (1880). — On a utilisé les sources de la vallée de la Veyle, à 15 kilomètres au sud de la ville; salubres, fraîches et pures, d'un débit permanent, elles sortent d'un banc de gravier situé à 1^m,80 au-dessous du sol et surmonté d'une argile peu perméable. Le débit peut atteindre 55 litres, mais on n'en prend que 45. Conduite d'aménée en béton de ciment de 0^m,35 de diamètre, de 9 140 mètres de long, avec chute totale de 8^m,74; il y a trois siphons dont la flèche ne dépasse pas 5 mètres. Réservoir de 1 950 mètres cubes. Réseau de distribution en fonte. Conduite maîtresse pouvant assurer un débit double de celui des sources. Charge effective de 14 mètres seulement dans les parties basses de la ville, à peu près nulle dans le haut quartier qui est au niveau du réservoir. L'insuffisance de charge est donc le point faible, et il faut recourir à des pompes.

Il y a 1 600 francs de traitement annuel pour la direction du service, 2 200 francs pour deux fontainiers et 1 000 francs pour l'entretien des conduites et des pompes.

70 bornes-fontaines. La recette a été de 2 550 francs en 1880, 6 500 en 1885, 10 900 en 1890 et 14 560 en 1893.

AISNE

Laon. *Nappe souterraine, machines à vapeur* (1874). — La ville de Laon se dresse sur une éminence qui domine d'une centaine de mètres la plaine qui l'entoure. Elle est à la limite du terrain crétacé supérieur et du terrain tertiaire. A quelques mètres dans la craie on trouve la nappe continue de la craie, d'une puissance indéfinie.

En 1874, on a remplacé les citernes et les mauvais puits de la montagne par un réservoir de captation, sis à 800 mètres du pied de la montagne, creusé dans la craie; formé d'un mur d'enceinte en arceaux et recouvert par une voûte, il reçoit l'eau par les côtés et par le fond. L'eau est salubre, mais elle marque 34° à l'hydrotimètre, comme celle de l'Ourcq.

Elle est refoulée par machines à vapeur et pompes, dans un réservoir

voir supérieur de 600 mètres cubes. Le système élévatoire est double.

Une conduite de refoulement de 0^m,162 de diamètre, 2 760 mètres de long, part de l'altitude 64^m,35 pour aboutir à 188^m,60, soit 124^m,25 de hauteur d'élévation.

Le réservoir aérien, en maçonnerie, est à deux compartiments.

Il est peu élevé au-dessus du sol et, pour ménager la charge disponible, on a donné à la conduite maîtresse un diamètre de 0^m,30.

La dépense n'a été que de 300 000 francs et la canalisation et fontainerie y entre pour 135 000.

La concession a été faite avec garantie par la ville d'une recette brute de 32 000 francs, sous réserve du partage par moitié de l'excédent de cette somme, lorsque cette recette serait dépassée ; la concession n'est faite que pour trente ans, puis tout revient à la ville.

Le système est bien conçu pour la ville ; nous le retrouverons à Compiègne, dans des conditions moins bonnes.

Les recettes ont été de : 19 500 francs en 1875, 22 000 en 1879, 23 500 en 1881, 27 000 en 1884, 32 400 en 1886, 33 500 en 1888, 40 600 en 1891, 42 700 en 1893.

Depuis 1885, la ville ne donne plus rien et est arrivée à recevoir 5 350 francs en 1893. L'extension de la ville va encore accroître les recettes.

La consommation est de 600 mètres en hiver, 1 000 mètres en été, le bassin de captation est inépuisable ; le niveau ne change pas, même pour une prise de 1 500 mètres cubes.

Le service public est très faible : il n'y a que neuf bornes-fontaines ; c'est le vice du système de la concession.

La puissance de débit du système élévatoire doit être aujourd'hui trop faible. Il est clair qu'il faudra remplacer les machines.

Saint-Quentin. *Sources, machines à vapeur* (1870). — La nappe des puits est retenue dans cette région par les glaises bleues supérieures placées entre la craie à silex et le grès vert ; ces glaises forment le lit de la Somme à Saint-Quentin et les puits descendent au même niveau.

En 1870, on a capté les sources du Gros Nard, dans les jardins maraîchers de la partie basse de la ville, à l'altitude 71^m,50 ; le mamelon de la ville est à 106 mètres. La prise de 3 000 mètres cubes par jour donnait 94 litres par tête. Les sources occupent un grand bassin découvert ; un aqueduc le relie au puisard des machines. Une conduite de refoulement de 0^m,40 donne un débit de 46^{lit},4 à la seconde à une hauteur virtuelle de 46 mètres ; puissance 28,5 chevaux-vapeur en eau montée.

Le réservoir aérien en maçonnerie est à deux étages ; le supérieur s'élève à 3 mètres au-dessus du premier étage de la maison la plus haute de la ville et contient 600 mètres cubes ; l'inférieur contient 1 270 mètres cubes.

En 1885, l'installation première ne donnait plus que 60 litres d'eau pour 50 000 habitants. Les eaux du Gros Nard étaient devenues moins pures et chargées de matières organiques, car le bassin était entouré d'un quartier neuf, et le débit forcé aspirait les eaux du voisinage.

On a amélioré la situation en allant chercher les sources avant leur arrivée au jour, et l'aspiration se fait par un tuyau de forage. Il nous semble que cette alimentation est encore insuffisante et appellera des transformations.

Chauny. *Sources, conduites en fonte.* — Excellentes sources captées à Commenchon, à 7 kilomètres de la ville. Recueillies dans des aqueducs en maçonnerie de briques ou en tuyaux de poterie, elles sont amenées dans deux réservoirs avec trop-plein. De ces réservoirs partent deux conduites en fonte, l'une de 0^m,135, l'autre de 0^m,10, qui plus loin se réunissent en une seule. Celle-ci aboutit au réservoir de distribution, de 1 000 mètres cubes en deux compartiments, situé à 1 kilomètre de la ville.

Sur le parcours de la conduite d'adduction on a ménagé des cuves de dépôt, qui servent une fois par an pour un nettoyage général.

La distribution se fait par une conduite principale, dont le diamètre décroît de 0^m,175 à 0^m,09; à droite et à gauche se détachent les conduites secondaires.

La conduite d'aménée peut communiquer directement avec la distribution, sans que l'eau passe par les réservoirs.

Soissons. *Sources, machines hydrauliques et à vapeur.* — 1° Les sources de Sainte-Geneviève, peu importantes, descendant naturellement arrivent directement, par des conduites en fonte ou en plomb, à quelques fontaines de la ville ; 2° Mais le plus grand volume est fourni par une machine hydraulique, installée en 1867 à Villeneuve et actionnée par la chute du barrage de ce nom. Cette machine refoule les eaux qu'amènent dans un puisard deux galeries creusées dans la vallée de l'Aisne. Une machine à vapeur supplée la force hydraulique en cas de chômage ou de crue de l'Aisne. Installé pour élever 1 000 mètres cubes en vingt-quatre heures, le système ne donne plus que 900 mètres cubes dans les cas les plus favorables, par suite de l'incrustation des conduites, du relèvement des barrages de la rivière et de l'usure des pompes.

Les galeries de drainage sont insuffisantes et peuvent être asséchées. On projette de les prolonger. Le moteur à vapeur est à changer.

La conduite de refoulement distribue directement l'eau dans la ville sans réservoir intermédiaire; l'eau non décantée renferme toujours un sable fluent, jaunâtre, qui se déposerait s'il y avait un réservoir.

Service public bien assuré.

Coucy-le-Château. *Source, bélier hydraulique.* — Source de bonne qualité au pied du coteau, à 1 500 mètres de la ville. Elle est élevée à 56 mètres de hauteur par deux béliers Bollée, que fait mouvoir une chute de 5 mètres, empruntée au ruisseau de Coucy-la-Ville. Réservoir de 20 mètres de long, 5 mètres de large et 2 mètres de haut, en deux compartiments. Conduite de refoulement en fonte de 0^m,068 de diamètre.

Villers-Cotterêts. *Source, machine à vapeur (1887).* — 1^o Distribution ancienne de sources captées dans la forêt (probablement au-dessous des lambeaux de sables de Fontainebleau qui la courent), amenées par des conduites en poterie dans les fontaines-vasques placées aux carrefours. Cette eau charrie du sable, funeste aux compteurs; 2^o Cette distribution absolument insuffisante a été complétée en 1887, par la captation des sources de la Dhuis, ruisseau de la vallée d'Haramont à Longpré. L'eau est refoulée par une conduite de 0^m,160, longueur 1 883 mètres, dans un réservoir de 600 mètres cubes, au sommet de la colline, d'où part une conduite de 0^m,15 qui pénètre en ville à 1 670 mètres du réservoir. La hauteur de refoulement est de 54 mètres et la charge en ville varie de 19 à 33 mètres. L'eau marque 26°.

Au premier abord, il nous semble que la conduite maîtresse de distribution est d'un diamètre trop faible (0^m,15); le réservoir est éloigné; elle n'a pas dû être calculée en vue de la consommation maxima.

L'usine élève 600 mètres cubes par jour. Il y a un mécanicien à 1 600 francs, un fontainier à 1 450; le chauffage coûte 2 450 francs et l'entretien 1 500 francs par an.

Villers-Hélon. *Source, conduite en fonte.* — Cette commune de 355 habitants a amené dans le village une source supérieure donnant 25 à 40 mètres cubes par jour. Recueillie dans un réservoir en cave, elle s'engage dans une conduite en fonte de 0^m,046, et alimente 5 bornes-fontaines plus des branchements privés. Un seul robinet se paye 10 francs par an pour ménage de quatre personnes au plus, et 1 franc

par personne en plus. On paye à part pour les têtes d'animaux et les jardins ainsi que pour l'industrie et le commerce.

ALLIER

Nous avons décrit ailleurs la distribution d'eau de Vichy, déjà ancienne et défectueuse, dont on poursuit l'amélioration.

Moulins. *Puits filtrant, machines à vapeur* (1893). — Une faible partie de la ville est alimentée en eau de source, la majeure partie l'est en eau prise par filtration naturelle dans les alluvions de l'Allier. — Cette distribution nouvelle a été terminée en 1893.

Un cuvelage en fonte de 4 mètres de diamètre et de 6^m,50 de profondeur, foncé dans les alluvions, opère le captage, et l'eau passe au puisard des pompes par une conduite en pente de 0^m,40 de diamètre.

Il y a deux groupes identiques d'appareils élévatoires, actionnés chacun par une machine Corliss de 50 chevaux de force normale. Débit : 50 litres par seconde, refoulement à 37 mètres de hauteur par une conduite de 0^m,30 de diamètre et de 2200 mètres de long dans un réservoir de 2000 mètres cubes, d'où part la conduite maîtresse de distribution de 0^m,30 et de 1180 mètres de long.

Voici les principales dimensions des machines :

Diamètre du cylindre à vapeur, 0^m,35 ; course, 0^m,80 ; 45 tours à la minute ;

Diamètre du plongeur des pompes, 0^m,32 ; course 0^m,45, 45 coups à la minute ;

Volume d'eau élevé par seconde, 50 litres ; hauteur virtuelle, 45 mètres ; travail en eau montée, 30 chevaux.

Les deux groupes de machines, avec leurs pompes verticales, leurs deux chaudières tubulaires, les parquets et le tuyautage ont été construits par le Creusot et peuvent être évalués, rendus et montés, à 125 000 francs. Cette dépense ne comprend ni les fondations, ni l'usine. — La machine Corliss est horizontale, les pompes sont verticales et logées dans un puits ; la dépense eût été beaucoup moindre si la hauteur d'aspiration avait permis de placer les pompes horizontales avec commande directe. — On pourrait descendre alors à 70 000 ou 75 000 francs pour les deux groupes réunis.

La qualité et l'abondance des eaux fournies par le cuvelage pendant la sécheresse des deux dernières années n'ont rien laissé à désirer.

L'ancienne distribution d'eau de source avait coûté 250 000 francs.
La nouvelle distribution a coûté :

Cuvelage en fonte et conduite d'aménée.....	52 679 fr.
Machines, générateurs, bâtiments et refoulements ..	226 616
Réservoir de 2 000 mètres cubes.....	64 773
Conduite principale de distribution, vidange et trop-plein	31 837
Complément du réseau de distribution.....	218 189
TOTAL.....	594 094 fr.

Les dépenses des machines élévatoires en 1894 ont été :

Main-d'œuvre : mécanicien et chauffage	3 169 fr. 35
Combustible.....	10 041 12
Eclairage	98 15
Graissage.....	168 62
Fournitures diverses.....	887 41
Divers, assurances.....	205 90
TOTAL.....	14 570 fr. 55

et les machines ont élevé chaque jour 2050 mètres cubes en moyenne.
— La dépense a donc été de 40 francs par jour et de 0^r,02 par mètre cube, mais il faudrait ajouter l'intérêt et l'amortissement du capital.

Le service public est assuré par des bornes-fontaines rapprochées de 100 à 200 mètres suivant la densité des quartiers. Cette générosité bien comprise ne semble pas nuire aux abonnements.

En résumé, le service des eaux de Moulins est excellent. On dispose de 240 litres par jour et par tête, mais la consommation n'a pas dépassé en fait, jusqu'à présent, 140 litres, malgré l'abondance du service public.

Gannat. Source et conduite forcée. — Elle est alimentée par des eaux de sources, recueillies dans un réservoir de 200 mètres cubes, un peu chargées de calcaires. — Les aqueducs de captation semblent avoir été exécutés d'une manière coûteuse et défectueuse. — On ne dispose en été que de 215 mètres cubes par jour pour 3 500 habitants, soit 60 litres par tête.

Yzeure. Source et conduite libre. — Pour alimenter à Yzeure l'asile départemental d'aliénés, on exécute les travaux suivants : 1° une conduite à écoulement libre de 0^m,15 de diamètre et 2 233 mètres de long amenant les eaux des réservoirs de Belle-Croix ; 2° un réservoir-citerne, sur plan circulaire de 3 mètres de diamètre, avec radier

en béton de 0^m,55, mur de pourtour de 0^m,50 d'épaisseur et 3^m,20 de hauteur en maçonnerie de moellons et mortier de chaux hydraulique, couvert d'une voûte sphérique de 2^m,50 de rayon et 0^m,50 d'épaisseur avec regard circulaire de 1 mètre de diamètre au sommet, regard fermé par une plaque en fonte ; 3° une petite machine élévatoire à côté de la citerne ; 4° un réservoir aérien en tôle de 5^m,15 de diamètre et 5 mètres de haut sur tour en maçonnerie de 4^m,50. — La dépense totale s'élèvera à 112 000 francs.

ALPES (BASSES-)

Ce département est très pauvre en distributions d'eau de quelque importance. Comme dans les Hautes-Alpes, il existe un certain nombre de dérivations de ruisseaux ou de rivières qui alimentent les fontaines des agglomérations, mais il n'y a rien de particulier à signaler.

Barcelonnette. *Adduction de sources* (1877). — On a réuni onze sources de la forêt de Gaudissart dans une conduite libre de 0^m,10 de diamètre et de 3 200 mètres de long en béton de ciment, coupée tous les 100 ou 150 mètres par des regards circulaires de 0^m,80 de diamètre dont quelques-uns sont surmontés d'une guérite à porte. — La chute est de 488 mètres. La conduite libre est suivie d'une conduite forcée en fonte, de 0^m,10 sur 870 mètres de long, traversant en siphon la rivière l'Ubaye ; 560 mètres de tuyaux en fonte de 0^m,08, et 300 mètres de tuyaux de 0^m,06 alimentent les fontaines, les bouches d'incendie. — 75 concessions.

Débit maximum 8 à 10 litres à la seconde, soit 800 mètres cubes par jour pour 2 000 habitants, ou 400 litres par tête. — Mais, *en hiver*, le débit tombe à 3 litres par seconde, 260 mètres cubes par jour.

Les prises particulières ont été pratiquées sans contrôle et sans compteur ; elles donnent lieu à un gaspillage considérable.

Il n'y a pour ainsi dire pas de robinets, de sorte qu'on ne peut isoler les sections. — De plus, il n'y a *pas de réservoir*, de sorte que le produit des sources est perdu aux heures de non-consommation.

Oraison. — Il y a dans cette petite ville de 1 606 habitants une aduction d'eau qui date de deux cents ans ; mais les eaux d'un vallon, amenées par la gravité, obstruent les conduites par des dépôts calcaires. — Le débit varie de 170 à 290 mètres cubes par 24 heures.

ARDECHE

Ce département présente la constitution géologique la plus variée : on y trouve le terrain crétacé, le jurassique, les roches éruptives et volcaniques.

Une coulée de lave donne naissance, sur la rive droite de la Volane, en face d'Entraigues, à une source sortant d'une sorte de grotte. On trouve d'autres sources dans les terrains sédimentaires.

Privas. *Sources, conduites en ciment.* — Les deux sources du Bouchet et de Fontangier, captées par galeries, sont amenées à Privas par une conduite en ciment, avec siphon en fonte, de 0^m,18 de diamètre, aboutissant à un réservoir de 240 mètres cubes. Le réseau de distribution est en tuyaux de béton de ciment, et la conduite maîtresse se termine par un réservoir d'extrémité de 600 mètres cubes.

Le service est assuré par un seul fontainier.

Depuis 1894, les compteurs sont rendus obligatoires et le résultat a été excellent.

Chomérac. *Source, conduite en ciment.* — Une source, donnant 45 mètres cubes par jour, 0^{lit},5 à la seconde, captée dans un regard sous des roches calcaires, est amenée par un tuyau en béton de ciment de grappiers, de 0^m,20 de diamètre et de 2 000 mètres de long, dans un réservoir de 200 mètres d'où part une conduite de distribution de 1 500 mètres de long avec diamètres décroissant de 0^m,15 à 0^m,05.

Dépense : acquisition de source et servitude 3 500, réservoir 5 500, canalisation 36 000 ; total 45 000.

Bourg Saint-Andéol. *Galeries filtrantes, conduite en béton* (1889). — Cette ville est dotée d'une manière très satisfaisante. L'eau est prise par deux galeries filtrantes de 57 mètres de long, sur le bord de la rivière de la Conche ; du puisard de captation part une conduite d'amenée de 8 101 mètres de long, de 0^m,30 de diamètre, en béton de ciment de la Porte de France.

La chute totale est de 5^m,30 ; la charge est de 0^m,0006 par mètre sur la conduite en ciment, et de 0^m,00182 par mètre pour un siphon en fonte de 279 mètres de long. Ce siphon est placé à la traversée d'une vallée, sur une section où la pression intérieure dépassait 12 mètres. — Huit points hauts sont pourvus de regards-ventouses et huit points bas de robinets-vannes de décharge.

L'eau est reçue au sommet de la ville dans un réservoir de 432 mètres cubes.

Le réseau est constitué par des conduites en ciment.

L'entretien est assuré par un seul fontainier. Les travaux ont été exécutés en 1889 par M. Denizet, ingénieur des Ponts et Chaussées.

D'après les tables, la conduite d'amenée peut fournir environ 20 litres à la seconde, soit 426 litres par tête et par jour, mais ce chiffre n'est pas atteint et on reste à 175.

Villeneuve-de-Berg. *Source, conduite en fonte.* — Source amenée, par une conduite en fonte de 2046 mètres de long et 0^m,10 de diamètre, dans un réservoir de 800 mètres. Dépense 43 000 francs, entretien 350 francs. Volume disponible variant de 80 à 240 mètres cubes par jour pour 1 700 habitants, soit 47 à 150 litres par tête suivant les saisons.

Service public assuré par des robinets adaptés à des bornes réparties dans toute la ville.

Meysse. *Barrage sur rivière, conduite en ciment.* — En 1882, on a établi un barrage sur le Lavaizon en amont du village, et on a amené les eaux par une conduite en ciment de 0^m,15 de diamètre et de 2 000 mètres de long, recueillant une source dans son parcours. La chute étant de 21 mètres entre le barrage et la première borne, on n'a pas fait de réservoir. Les eaux peuvent être troubles en temps d'inondation.

Service public très large : 2 lavoirs à écoulement permanent et 15 bornes-fontaines à leviers. Aussi n'y a-t-il que dix abonnements.

Marcols. *Sources, tuyaux en poterie.* — Des sources très pures, sortant d'un terrain granitique, sont captées par aqueducs dont le piédroit amont est à pierres sèches, tout le reste étant construit avec mortier hydraulique. Les eaux, réunies dans deux puisards de 1 mètre cube, sont amenées par un tuyau en poterie vernissée, de 0^m,06 de diamètre et de 1 030 mètres de long, avec pente de 0^m,06 par mètre à un réservoir souterrain de 12^m,5. Une seule conduite de distribution, en poterie, alimente six bornes-fontaines ; la pression y varie de 3 à 30 mètres. Les travaux ont été terminés en 1895.

Tournon. *Barrage en rivière, galerie filtrante, conduite en ciment (1882).* — Est alimenté par une dérivation partielle de la rivière du Doux, qui coule sur un terrain granitique ; eaux pures, mais manquant de fraîcheur en été.

Un barrage transversal à la rivière, établi en plan suivant un arc de cercle de 150 mètres de rayon, est fondé sur un massif de 8^m,21 de largeur. Ce barrage submersible a 10 mètres de haut, 7^m,51 de large à la base et 3 mètres au sommet ; le parement amont présenté un fruit de 0,4, et le parement aval est profilé suivant un arc de cercle de 16 mètres de rayon, avec tangente verticale à l'extrémité supérieure. Dans ce barrage est logée une galerie visitable, dont le seuil est à 7 mètres sous le couronnement et qu'une vanne de décharge permet de vider. La paroi amont de la galerie est percée de trous qui permettent l'introduction de l'eau accumulée dans le bassin de retenue.

Lors des crues l'eau est trouble et impropre aux usages domestiques. Une conduite en ciment de 0^m,35 et de 4 kilomètres de long aboutit à un réservoir, d'où part la conduite maîtresse de 0^m,35 également en ciment.

On a constaté sur les conduites en ciment des ruptures fréquentes et des obstructions causées par les végétations.

Le service est assuré par un fontainier à 1 700 francs et les dépenses diverses s'élèvent à 1 300 francs.

Annonay. *Grand barrage du Ternay, aqueduc en ciment (1867).* — Le barrage du Ternay, que nous avons décrit précédemment (40 mètres de hauteur), barre le ruisseau de ce nom et a été établi pour donner de l'eau à la ville, la préserver des inondations et régulariser pour les usiniers le cours de la Deûme. Le réservoir renferme 3 millions de mètres cubes, et sa surface est de 30 hectares ; son bassin est granitique.

A 2 kilomètres en aval du barrage, la ville a fait établir une galerie transversale de captation, suivie d'une conduite en ciment, amenant 30 litres par seconde à un réservoir de 1 000 mètres cubes dominant la ville. En 1887, elle a construit une seconde canalisation égale et juxtaposée à la première, aboutissant à un second réservoir de 2 000 mètres cubes ; la conduite suit une route nationale, elle est en ciment pour les charges inférieures à 20 mètres et en fonte pour les pressions supérieures qui atteignent 110 mètres.

En 1893, la ville a fait construire à l'origine des deux conduites un filtre à trois bassins ; la couche filtrante comprend des cailloux, du gravier et du sable ; il y a toujours un bassin en nettoyage, le nettoyage se fait en envoyant le courant de bas en haut.

Le barrage a coûté un million : la ville a contribué pour 297 100 francs. Elle contribue pour 5 400 francs à l'entretien, qui coûte 9 000 francs.

L'exploitation de la distribution coûte 6 000 francs par an : un chef fontainier à 1 500 francs, deux fontainiers 2 000 francs, dépenses diverses 2 500.

Le service public est largement assuré par bornes-fontaines, lavoirs, concessions gratuites aux établissements publics ; cependant cela ne semble pas nuire au développement du service privé, qui se fait à la jauge, au compteur ou au robinet libre ; les concessions au compteur sont peu nombreuses et cela se conçoit, vu l'abondance de l'eau disponible.

Aubenas. *Source, conduite en ciment* (1871). — Les sources de l'Espissard, près d'Entraignes, vallée de la Volane, sont prises par une conduite en ciment de 12 kilomètres de long et amenées de l'altitude 430 à l'altitude 333 dans un réservoir dominant la ville. La conduite suit en partie une grande route, traverse l'Ardèche sur un pont.

Les eaux, provenant de terrains volcaniques, sont excellentes ; mais la conduite en ciment, probablement établie d'une manière défectueuse, donne lieu à de nombreuses fuites qu'il n'est pas toujours commode de retrouver et qui font parfois perdre un cinquième du débit.

L'entretien se fait par deux gardes fontainiers payés en tout 1 300 francs et il y a 2 000 francs de dépenses diverses.

Le service public est assuré par 2 lavoirs et 49 bornes-fontaines. L'accroissement des recettes est continu, mais lent : 7 800 francs en 1886, 9 900 en 1894.

Autres communes du département. — D'autres communes ont effectué des adductions d'eau facilitées par le relief accidenté du pays.

Largentière amène par des tuyaux en ciment des eaux de source à 15 fontaines ; il y a deux réservoirs de 700 mètres cubes. La dépense s'est élevée à 30 000 francs pour 300 mètres cubes par jour, soit 100 litres par tête.

Ruoms, décimé en 1884 par une épidémie cholérique, amène par une conduite de 700 mètres de long, en fonte avec joints en caoutchouc, une excellente source du terrain néocomien. Réservoir de 250 mètres cubes, 5 bornes-fontaines. Dépense 10 700 francs. On recueille en saison sèche 15 mètres cubes par vingt-quatre heures pour 800 habitants, ce qui fait à peine 20 litres par habitant. On ne comprend pas au premier abord l'utilité du grand réservoir de 200 mètres.

Vals-les-Bains. — Une canalisation en fonte amène l'eau provenant en partie d'une source, en partie de la rivière. Dépense 23 000 francs ; entretien et exploitation 600 francs par an. Le service public est assuré par des bornes-fontaines et le service privé par des abonnements au

compteur qui produisent 2 300 francs par an. Population 2 059 habitants. Débit 43^m,2 par vingt-quatre heures.

Berrias dessert deux bornes-fontaines et deux robinets libres par une conduite en fonte de 0^m,10 de diamètre et de 650 mètres de long, amenant une source qui prend naissance dans une rivière du voisinage. Dépense 3 400 francs. Le débit varie de 50 à 100 mètres cubes par jour pour cinq cents habitants. Il serait donc facile d'augmenter le service public et de donner des abonnements.

Valgorge a établi un réservoir maçonné qui recueille des sources et malheureusement aussi des eaux d'arrosage. Des tuyaux de plomb vont du réservoir à trois fontaines. Le débit varie de 65 à 130 mètres cubes par jour, et la population est de 200 habitants. Pas de service privé. Les eaux surabondantes sont recueillies pour l'irrigation.

ARDENNES

Le département des Ardennes offre une constitution géologique intéressante et variée. Au sud, on trouve le terrain crétacé, Réthel; en montant vers le nord, on rencontre le jurassique qui finit à peu près à Charleville, et au delà le dévonien et le cambrien: Rocroy, Rimogne, Monthermé. Dans le calcaire oolithique, existe à Signy-l'Abbaye une magnifique source, donnant au moins 400 litres à la seconde, autant que la Vanne, et faisant mouvoir une filature. Dans le même calcaire, recouvert sur les plateaux par l'argile oxfordienne, on trouve de nombreux gouffres absorbants; il s'en trouve plusieurs aux environs de la source de Signy.

Charleville. Sources, adduction par conduite en fonte (1881). — A 18 kilomètres de la ville, on trouve dans le calcaire oolithique les sources de Neparcy, limpides et pures, dont voici l'analyse :

Acide carbonique.....	0 ^{lit} ,0025	Carbonate de chaux ..	0 ^{gr} ,16993 p. lit.
Chlorure de magnésium...	0 ^{gr} ,00675	Degré hydrotimétrique	20
— de calcium.....	0 0037	Après ébullition.....	16,5
— de sodium.....	0 0012	Matières organiques..	Néant
Sulfate de chaux.....	0 0105	Microbes par centi-	
		mètre cube.....	60

Le collecteur ABC (*fig.* 31) est formé par un aqueduc de 0^m,50 de haut sur 0^m,35 de large; à l'aval, le piédroit en béton avec enduit de

ciment s'élève jusqu'au sol naturel et forme mur d'arrêt ; à l'amont, vers le bois, le piédroit est un mur à pierres sèches qui laisse passer

l'eau. Les sources secondaires sont recueillies par des tuyaux en poterie de $0^m,20$ à $0^m,12$ de diamètre.

Le bassin de captage (*fig. 40*), voûté, à moitié enterré dans le sol et recouvert de terre, est divisé en deux compartiments : en A l'eau se décante et s'épanche par le déversoir C dans le compartiment de départ B, muni d'un trop-plein *m*. Sur le déversoir, une échelle graduée permet de relever le débit. Il serait facile d'adapter au déversoir un appareil enregistreur.

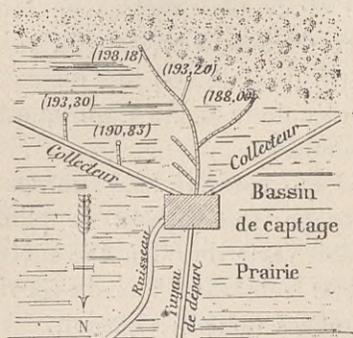


Fig. 39.

Le volume capté est à peu près constant : 40 litres à la seconde.

La conduite d'aménée de 18 kilomètres de long, $0^m,35$ de diamètre, en fonte, enterrée à une profondeur variant de $1^m,20$ à $3^m,65$ et de $1^m,70$ en moyenne, a une chute totale de 14 mètres. Tous les kilomètres, elle présente un regard avec vanne de décharge.

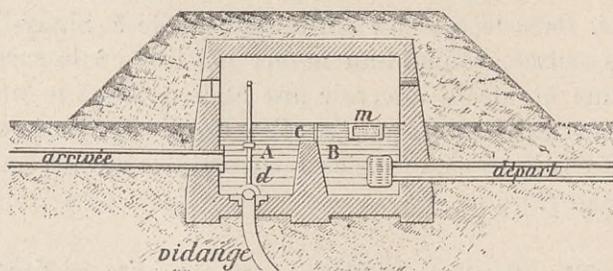


Fig. 40.

Elle aboutit à un réservoir de 1 700 mètres cubes à deux compartiments, dominant de 25 mètres le niveau moyen de la ville et de 30 mètres le niveau le plus bas.

La distribution est assurée par 14 kilomètres de tuyaux en fonte ; ceux du périmètre ont $0^m,216$ et $0^m,160$ de diamètre, ce qui est trop faible ; les autres ont $0^m,12$ à $0^m,07$.

Le service public comporte 77 bornes-fontaines, 72 bouches de lavage, 6 postes d'eau ; pour éviter l'encombrement des caniveaux par la glace en hiver, les appareils sont raccordés avec les égouts.

Deux fontainiers payés 2 500 francs en tout suffisent pour le service ; il y a, en outre, 1 500 francs de frais annuels.

Sur 508 abonnés, il y en a 410 au compteur ; le compteur de volume est seul admis depuis 1891. Le robinet de jauge, qui n'engendre que des difficultés pour les particuliers comme pour le service, tend à disparaître.

L'acquisition des sources a coûté 30 000 francs, l'aménagement et le bassin de captage 16 000, la canalisation d'amenée 540 000, le réservoir 67 000, et la distribution 106 000. Total 759 000 francs.

Rethel. *Galleries dans la craie ; pompes avec moteur à gaz (1882).* — Il y a dans l'arrondissement de Rethel beaucoup de puits creusés dans la craie, parfois à une grande profondeur. Quand un puits vient d'être creusé, son débit, d'abord faible, augmente ensuite ; on l'augmente encore en recreusant le puits, et mieux en établissant des galleries à la base.

La ligne du niveau des puits successifs n'est pas horizontale, mais inclinée vers les vallées. La craie se colmatant facilement, il faut curer les puits de temps en temps pour rendre les suintements plus abondants.

A Rethel, une galerie principale de captation, de 230 mètres de long, descendant à 3^m,50 sous le sol, pénètre dans la craie parallèlement à la base de la colline du Hottin et à la vallée de l'Aisne ; complétée par trois autres petites galleries de 120 mètres, maçonnées et voûtées, elle recueille les suintements de la craie. Ces eaux contiennent par litre : 0^{gr},032 sulfate de chaux, 0^{gr},214 carbonate de chaux, 0^{gr},011 chlorures.

On avait voulu renforcer le débit de la galerie par celui d'un puits artésien, qu'on a descendu à 302 mètres sous le sol, mais qui n'a rien donné.

L'eau des galleries est refoulée par machines à 56 mètres au-dessus de l'usine, par un tuyau à joints Lavril de 0^m,135 de diamètre, dans un réservoir de 600 mètres cubes à deux compartiments.

Le concessionnaire du service de l'eau est la Compagnie du gaz. Aussi les pompes sont actionnées par deux moteurs à gaz de 20 et 16 chevaux ; le moteur à gaz a le grand avantage d'une mise en marche instantanée, ce qui permet le fonctionnement intermittent nécessaire en été ; les galleries sont, en effet, vite épuisées, on arrête les machines, on laisse les galleries se remplir et on remet les pompes en marche deux, trois ou quatre heures après. On arrive ainsi à envoyer 500 mètres cubes par jour aux réservoirs pour une population de 7 000 âmes.

Le prix des abonnements revient à la ville, qui donne seulement à la Compagnie concessionnaire une subvention de 9 000 francs pendant 15 ans et de 7 000 francs pendant 35 ans ; or, les frais d'exploitation

dépassent 10 000 francs. L'affaire est donc mauvaise pour la Compagnie.

Sedan. *Ancienne captation de sources.* — Il y a deux distributions provenant de sources différentes, amenées par la gravité dans des réservoirs spéciaux qui se partagent le service de la ville. Chaque groupe de sources produit environ 700 mètres cubes par vingt-quatre heures, mais il y a du débit perdu par l'insuffisance d'un des réservoirs qui n'a que 150 mètres cubes. A l'hydrotimètre, les deux eaux marquent 20° et 30°. Les sources du Champ de Mars sont, pour ainsi dire, dans la ville même. On dispose d'environ 100 litres par tête ; le service public est convenable. L'eau se vend 0^{fr},20 le mètre cube au compteur et produit environ 8 000 francs par an pour 250 concessions ; la dépense annuelle est de 3 500 francs.

Mézières. *Ancienne captation de sources, restaurée en 1890.* — Mézières reçoit, depuis le xvii^e siècle, le produit de sources recueillies à 1 500 mètres de la ville sur le versant d'un coteau, à la base d'un calcaire sableux surmontant les marnes du Lias. L'eau recueillie dans des galeries et un puisard se rend par la gravité dans un réservoir de 800 mètres dominant la ville. La conduite d'amenée, de 0^m,20, traverse le canal de l'Est par une passerelle de 1 mètre de large et de 25 mètres de portée.

La canalisation, refaite en 1890, comprend des tuyaux en fonte avec joints au caoutchouc système Gibault.

Le service public comprend un lavoir, 30 bornes-fontaines, 40 bouches à incendie. L'eau est donnée gratuitement aux services hospitaliers, militaires, départementaux et aux écoles. Aussi le produit est-il peu élevé.

Mouzon. *Sources, trois distributions distinctes.* — En 1849 on a amené l'eau des sources de Grandfontaine, qui alimente 10 bornes-fontaines, 2 abreuvoirs, 1 lavoir public, 12 concessions particulières : débit environ 6 litres à la seconde.

En 1892, on a amené l'eau non potable des sources de la Vignette, dont le débit ne paraît pas tomber au-dessous de 5 litres, qui sert à des lavoirs publics et à l'arrosage.

On a amené, en outre, la source potable de Louvagne, débit 1^{lit},5 à la seconde, par une conduite en fonte de 2 490 mètres de long, 0^m,06 de diamètre et 0^m,0065 de pente.

Cette double installation, dans une commune de 500 habitants, est intéressante.

Revin. *Sources, conduite en fonte* (1891). — On recueille les eaux des sources du bois du Châtelet et celles du ruisseau de Champ-Fleury, que l'on filtre. Elles proviennent du schiste ardoisier et sont d'excellente qualité.

De leur bassin de réunion, elles sont amenées dans un réservoir dominant la ville par une conduite en fonte de 0^m,162 de diamètre, de 3 500 mètres de long, formant siphon renversé, traversant la Meuse par le pont du chemin de fer de l'Est ; elle est simplement posée sur le couronnement et porte un robinet d'écoulement contre la gelée ; elle est munie de ventouses, de regards et de robinets de décharge. La chute totale est de 16 mètres et le point le plus bas du siphon a une charge de 59 mètres.

Un réservoir de 800 mètres à deux compartiments dessert le réseau de distribution, comprenant 2000 mètres de conduite maîtresse de 0^m,15 et un réseau maillé de 4 500 mètres de développement de conduites de 0^m,135 à 0^m,06. La charge sur le point bas de la ville est de 43 mètres. La conduite maîtresse a été calculée pour un débit de 14^{lit},5. Une communication directe peut être établie entre la conduite d'amenée et celle de distribution.

Malgré les pressions élevées, les résultats obtenus ont été excellents.

La dépense de 200 000 francs se décompose comme suit :

Canalisation, fontainerie.	406 000 fr.	Lavoirs.....	22 000 fr.
Réservoir.....	31 000	Divers.....	20 000
Aqueducs, égouts	21 000		

Service public largement pourvu : 38 bornes-fontaines incongelables, 12 bouches d'incendie, 4 lavoirs à 25 places, 4 urinoirs, etc. Néanmoins, le développement du service privé ne paraît pas devoir en souffrir.

On a construit en même temps 2 300 mètres d'égouts en tuyaux de béton qui assurent l'assainissement et aboutissent à la Meuse.

Rimogne. *Sources.* — On amène des sources, prises dans la forêt d'Harcy à 4 kilomètres, dans un réservoir de 200 mètres cubes, qui dessert 16 bornes-fontaines et 20 concessions. Dépense 47 000 francs. Le débit, de 135 mètres en hiver, tombe à 60 mètres par jour en été pour 1 500 habitants, ce qui fait seulement 40 litres par tête.

Carignan. *Sources, tuyaux en fonte* (1894). — Source des Deux-Villes, marquant 18° à l'hydrotimètre et 6° après ébullition ; sels par litre : 0^{gr},149 carbonate de chaux, 0^{gr},021 de sulfate, 0^{gr},024 chlorure

de magnésium ; total 0^{sr},194. Recueillie dans un petit bassin, elle est amenée par une conduite en fonte de 0^m,162 de diamètre, de 7 220 mètres de long, avec une chute de 16^m,20, dans un réservoir de 500 mètres à deux compartiments. La plus grande charge sur le siphon est de 40 mètres. La distribution comprend 3 600 mètres de tuyaux de 0^m,135 à 0^m,05 et 1 840 mètres de conduite de 0^m,06 desservant un hameau.

Service public : 15 bornes-fontaines, 13 bouches d'arrosage, 6 d'incendie, 1 abreuvoir, et 2 lavoirs qu'alimente le trop-plein du réservoir.

Maubert. *Source, bélier hydraulique* (1893). — Une source arrive directement par la gravité et son débit s'augmente du débit d'une autre source que refoule un bélier hydraulique. — Eaux un peu ferrugineuses. Il n'y a qu'un service public : quelques bornes-fontaines. Le débit varie de 15 à 80 mètres cubes pour 850 habitants.

ARIÈGE

Foix. *Adduction de sources* (1815), *nouvelle adduction* (1890). — En 1815, on a capté dans des alluvions de graviers granitiques, au moyen d'une galerie, des eaux potables qu'on a amenées en ville par des tuyaux de plomb de 0^m,05. Elles desservent 12 bornes-fontaines avec une charge de 4 à 5 mètres seulement. Leur débit varie de 6 litres à 3,5.

En 1890, on a capté un petit cours d'eau souterrain, qui coule à 400 mètres à l'intérieur de la montagne de Saint-Sauveur ; on y accède par une grotte naturelle. Un barrage transversal au cours d'eau, avec filtre sommaire composé d'une couche de gravier, engage les eaux dans une conduite en fonte de 0^m,22 qui débouche dans un réservoir de 900 mètres cubes ; les eaux s'y décantent et sont distribuées par un réseau de tuyaux en fonte sous une pression de 35 mètres, qui alimente 55 bouches d'arrosage, 26 bornes et 75 concessions privées. Il y a souvent des obstructions dans les tuyaux de 0^m,04 ; il manque aussi quelques robinets de décharge et quelques ventouses.

Les eaux sont souvent louches à la suite des pluies et des fontes de neige ; le cours d'eau souterrain reçoit alors par les crevasses et les grottes du massif rocheux des eaux superficielles non décantées.

En sécheresse, le débit tombe à 400 mètres pour 5 500 habitants, taux insuffisant, qui s'oppose au développement de la distribution.

La ville possède un réseau d'égouts dont quelques-uns ovoïdes de 1^m,40 de hauteur.

Saint-Girons. *Source amenée par conduite en ciment (1887).* — La source de la Tourasse, vallée du Nert, à 6 kilomètres de la ville, est amenée par une conduite libre en ciment, ayant 0^m,015 de pente, dans un réservoir enterré de 700 mètres cubes qui domine de 15 mètres le niveau moyen de la ville. Cette conduite comporte 22 regards, un vannage de trop-plein à la chambre de captation de la source et une autre vanne réglant l'introduction dans la conduite ; il y a quatre siphons sur le parcours.

La température de l'eau est constante : 14°. On ne consomme que 7 000 mètres cubes, mais le débit peut être doublé.

Il y a 40 bornes à écoulement continu, 50 bouches d'arrosage ou d'incendie, 3 abreuvoirs ; tous les établissements publics sont dotés gratuitement.

La conduite d'eau d'amenée et la captation ont coûté 89 000 francs.

Le produit des concessions a passé de 2 662 francs en 1888 à 3 200 francs en 1894.

Le réseau de distribution est en fonte.

Pamiers. *Galeriers et filtres, machines élévatoires hydrauliques.* — Les eaux proviennent de l'Ariège ; on les prend partie dans un puits filtrant, partie dans un filtre artificiel à gravier ; elles sont toujours troubles à l'époque des crues.

Il n'y a pas de réservoir de distribution, de sorte que la machine doit marcher continuellement et que le service est interrompu en temps de réparation.

Il faudrait chercher des eaux de source ou perfectionner les filtres ; le service de santé militaire alimente la caserne par une source dont l'eau est élevée par un moteur à gaz.

La ville a un service public assez large ; elle impose le compteur aux particuliers ; le compteur Crown, qui était d'abord obligatoire, ne résistant pas aux eaux troubles, on essaye maintenant le Kennedy.

Alimentation de diverses communes. — Comme dans tous les pays de montagnes, on rencontre des distributions d'eau même dans de petites communes.

Mirepoix. *Eaux de rivière élevées par machines hydrauliques.* — Une prise d'eau est pratiquée dans le canal d'un moulin, eau souvent trouble et impure.

Elle est élevée par une roue à godets de zinc que fait mouvoir une turbine et alimente 20 bornes-fontaines.

Rieucros. — Des sources sont captées par des conduites en poterie et alimentent 4 abreuvoirs et 3 bornes-fontaines. Les conduites sont imparfaites, laissent perdre de l'eau et donnent quelquefois de l'eau trouble. La dépense a été de 4 500 francs ; chaque borne a un débit de 2 litres à la minute. Il y a 414 habitants.

Pujols. — Une source, amenée par des drains dans un bassin, descend par une conduite en fonte de 0^m,06 et de 1 112 mètres jusqu'au village où elle alimente 6 bornes-fontaines, 2 lavoirs et 4 abreuvoirs. Dépense 11 600 francs. Volume 30 mètres cubes par 24 heures pour 280 habitants. Un bassin-réservoir termine la conduite d'amenée.

Montgaillard. — Sources recueillies il y a 15 ans et amenées par conduite en fonte à 5 fontaines dans le village. La dépense s'est élevée à 10 800 francs. Malheureusement le débit, d'ordinaire de 6 mètres cubes, tombe en été à 3 mètres cubes par vingt-quatre heures pour 756 habitants. Service tout à fait insuffisant.

Saint-Paul-de-Jarrat. — Un barrage a été établi à l'amont du village au travers du ruisseau ; c'est une simple poutre de chêne qui refoule les eaux dans un canal ou fossé, garni de branchages ou de gravier, et aboutissant à un réservoir de décantation. L'eau est nécessairement trouble et impure.

Lavelanet. *Galerie filtrante, adduction par la gravité (1882).* — A l'amont de la ville, sur la rive gauche du Thouyré, à 4 mètres de la rive, a été établie une galerie filtrante de 50 mètres de long, 2^m,50 de large, 0^m,60 de hauteur de piédroits, couverte d'une voûte surbaissée de 0^m,60 de flèche. Le radier est pavé en gros cailloux à sec et la maçonnerie des piédroits, fondés sur béton, est traversée par des drains en poterie de 0^m,06. La galerie est couverte de 1 mètre de terre ; elle est reliée par un canal maçonné de 317 mètres de long et de 0^m,001 de pente, débitant 39 litres à la seconde, avec un réservoir de 867 mètres de capacité (17 mètres sur 17 mètres avec 3 mètres d'eau).

Du réservoir part la conduite de distribution en fonte de 0^m,18 ; la charge disponible y varie de 3 mètres à 29 mètres.

Le service public comprend 30 bornes-fontaines coulant sans interruption.

Bélesta. — Cette commune a dépensé 30 000 francs en 1872 pour capter la source intermittente de Fontestorbe, la recueillir dans un réservoir et établir des conduites de distribution. Il y a 28 bornes-fon-

taines à écoulement continu pour 907 habitants ; 30 abonnements à 8 francs par an. Débit très considérable.

Mercus. — Des sources de roches granitiques alimentent 6 bornes-fontaines à écoulement continu et 2 lavoirs-abreuvoirs. Dépense 5 100 francs. Entretien 130 francs par an. Débit 78 mètres cubes par jour pour 572 habitants, peu variable.

Tarascon. — La dérivation d'un ruisseau et de sources alimentent abondamment cette commune.

Les Cabannes. — Une pompe refoule les eaux de l'Ariège non filtrées dans une canalisation en fonte ; cette installation ancienne est insuffisante et suspecte comme qualité. Un projet va être exécuté qui consiste à élever les eaux de la rivière l'Aston, admises comme bonnes par le Comité central d'hygiène.

Lassur. — Cette petite commune amenait les eaux d'une fontaine et d'un ruisseau par des tuyaux en terre cuite qui se sont vite brisés et qu'il a fallu remplacer par des tuyaux en fonte ou en plomb. On alimente trois fontaines pour 130 habitants. Dépense 3 800 francs.

Ax-les-Thermes. — L'eau de la rivière d'Orlu est prise dans un petit bâtiment où se trouvent un réservoir et un filtre absolument insuffisant.

On se propose de reporter la prise à l'amont pour augmenter la chute et être plus assuré de la qualité.

Sentein. — Une source est amenée par une conduite forcée de 0^m,04 de diamètre et de 500 mètres de long, *en grès*. — Trois bornes-fontaines à jet continu utilisent 80 mètres par jour.

Bonnac. — L'eau pure d'un ruisseau et de ses sources est amenée par une conduite en fonte de 0^m,06 et de 290 mètres de long dans 4 fontaines et 2 abreuvoirs. 170 mètres cubes par jour pour 300 habitants. Dépense, 2 300 francs.

Maz d'Azil. — On a pris, en amont des fameuses grottes, les eaux de la rivière d'Auze ; un canal creusé dans le roc les amène à un puits, d'où un tuyau en fonte les conduit à un réservoir-filtre alimentant la distribution en tuyaux de fonte — 1885. Dépense 5 300 francs. Débit 180 mètres cubes par jour pour 1 200 habitants

Castet d'Aleu. — Un tuyau en fonte de 0^m,06, longueur 1 116 mètres, amène une source à 7 bornes-fontaines. Dépense 5 800 francs. Débit 278 mètres cubes par jour pour 500 habitants.

Cazavet. — On capte par conduites libres trois sources qu'on amène dans trois chambres munies de robinets de réglementation. Les eaux sont amenées par conduites libres de 0^m,04 dans un regard collecteur qui communique avec le bassin d'alimentation par 600 mètres de conduite libre de 0^m,06. De ce bassin part la conduite forcée de distribution de 1 443 mètres de long et de 0^m,07. Il y a deux ventouses à flotteurs.

On alimente 2 abreuvoirs, 2 lavoirs, 2 fontaines à écoulement continu. Dépense 16 000 francs. Débit 240 mètres cubes par jour pour 450 habitants.

Lacour. — Deux sources, recueillies dans deux bassins, sont amenées par des *tuyaux en grès* de 0^m,05 à 6 bornes-fontaines. — Dépense 3 000 francs. Débit 260 mètres cubes pour 600 habitants.

Saverdun. — Une turbine et des pompes prennent l'eau dans des galeries de filtration et l'élèvent dans un réservoir en maçonnerie qui alimente une canalisation en fonte. L'eau est toujours limpide et potable. Il y a 23 bornes-fontaines, des bouches d'arrosage, et quelques concessions. Dépense de premier établissement 94 000 francs ; dépense annuelle 1 000 francs, compris le salaire d'un fontainier. Débit : 1 000 mètres cubes par jour pour 2 100 habitants.

Mazères. — Une source, débitant 2 litres à la seconde, 173 mètres cubes par jour, est recueillie dans un bassin de 120 mètres cubes. Une pompe, mue par un *transport de force électrique de 6 chevaux*, refoule les eaux par une conduite de 1 000 mètres dans un réservoir de 100 mètres cubes. Une machine à vapeur de secours de 6 chevaux est aussi installée dans l'usine pour le cas où l'électricité ferait défaut. La dépense est de 800 francs par an pour le fontainier, plus 200 francs pour huile et chiffons. La canalisation en fonte alimente 16 bornes-fontaines. Dépense 60 000 francs pour 2 200 habitants. Depuis que la nouvelle eau a remplacé les anciens puits, la fièvre typhoïde a disparu.

Montaut. — *Un moulin à vent* refoule l'eau d'un puits dans un réservoir situé à 47 mètres plus haut. Le puits, le moulin à vent, la pompe, le réservoir et la canalisation en fonte ont coûté 5 000 francs. On alimente 6 bornes-fontaines, qui ont remplacé avantageusement les citernes et les mares anciennes.

Saint-Lizier. *Asile départemental et commune. Turbines et pompes, filtres.* — En 1849, on avait installé pour l'asile d'aliénés, alors peu important, une prise d'eau dans la rivière du Salat avec roue hydraulique et pompe. On prenait 150 mètres cubes d'eau filtrée dans des bassins dont la figure 41 donne la coupe. L'eau arrivant en A était prise dans le puisard C. Les crues de la rivière submergeaient ce bassin dont il fallait alors enlever et remplacer les 500 mètres cubes de gravier.

Le système était évidemment défectueux ; on eût obtenu de bien meilleurs résultats avec un filtre horizontal en sable et gravier de 0^m,60 à 0^m,80 de hauteur, ayant 75 mètres carrés de surface et fournissant ainsi un débit de 2 mètres cubes par mètre carré et par jour. La dépense eût été beaucoup moindre et la vitesse de cheminement de l'eau dans le gravier eût été très réduite, tandis qu'elle devait être excessive à certains points du filtre vertical qui restait inactif en beaucoup d'autres. A est la vanne d'entrée, B le puisard.

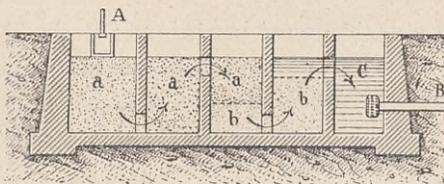


Fig. 41.

Ce système a été abandonné et voici, d'après les renseignements de M. l'architecte départemental, les dispositions actuelles :

On a remplacé l'ancienne roue par une turbine avec chute de 3^m,60 ; la turbine actionne : 1° deux dynamos pour l'éclairage électrique de la commune et de l'asile ; 2° une pompe à piston plongeur à double effet avec réservoir d'air, élevant 450 mètres cubes d'eau en vingt-quatre heures dont 70 pour la commune. L'eau est prise dans le canal d'amenée A de la turbine et

passé dans la chambre D par un tuyau B fermé par une vanne dont le cric de manœuvre est en C. Les limons se déposent dans la chambre D et l'eau se filtre en remontant le filtre F, formé d'une couche de 1 mètre d'épaisseur de gravier et de charbon de bois concassé reposant sur une grille

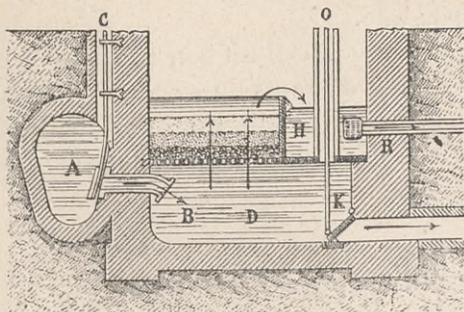


Fig. 42.

de 13 mètres carrés de surface. L'eau filtrée se rend dans le bac H où aboutit la crépine R de l'aspiration.

Le filtre, vu sa faible dimension et son grand débit, ne peut être qu'un dégrossisseur. On le nettoie tous les jours : à cet effet, on ferme le tuyau B, on ouvre le clapet K qui se manœuvre par une tige verticale logée dans le tuyau O ; l'eau confinée s'écoule en entraînant les limons ; puis, on ouvre le tuyau B complètement, il se produit une chasse qui lave la chambre D, le clapet K restant ouvert. Tous les quinze jours un homme pénètre dans la chambre et nettoie, avec des brosses et des balais, les parois et la grille ; on rince la chambre par une dernière chasse. Les matières filtrantes sont fréquemment renouvelées.

Le système est ingénieux ; mais, là encore, on peut se demander s'il ne serait pas plus simple, plus économique et plus sûr d'installer un filtre horizontal à sable, à faible débit, même non couvert, qui aurait environ 300 mètres carrés de superficie et qui donnerait des eaux limpides et purifiées.

L'eau est refoulée à 98 mètres dans un réservoir de 70 mètres carrés, qui est rempli tous les jours pour la commune ; mais, avant d'y entrer, elle passe dans un filtre à trois compartiments garnis de gravier, de sable fin et de charbon ; ce filtre est plus élevé que le réservoir. Le dégrossissage opéré par le premier filtre est ainsi complété.

Le volume d'eau envoyé à l'asile est divisé en deux parts : celle qui est destinée à la boisson et aux usages de propreté passe dans des batteries de bougies Chamberland et les traverse sous une pression de 5 à 20 mètres ; ces filtres sont l'objet de fréquents nettoyages. L'autre part est consommée telle que la donne le filtre dégrossisseur.

On voit que l'ensemble est bien combiné et qu'avec une surveillance assidue on doit obtenir une eau irréprochable.

L'installation complète, non compris les dynamos, a coûté une quarantaine de mille francs. La ville dispose de 70 mètres cubes par jour pour 94 habitants, soit 75 litres par tête.

Égouts, emploi agricole des eaux vannes. — Il est bon de signaler ce fait que l'asile est pourvu d'un réseau d'égouts du système Waring, à circulation continue, qui entraîne toutes les déjections de l'établissement sur des terrains d'une surface de 20 hectares appartenant au département.

AUBE

Troyes. *Prise d'eau en Seine, machines élévatoires à vapeur (1856).* — Deux machines, marchant ensemble ou séparément, de 16 chevaux de force nominale chacune, prennent l'eau dans le petit bras de la Seine

et la refoulent à 13^m,40 plus haut dans un réservoir de 3 800 mètres cubes à deux compartiments.

Titre hydrométrique variant de 15° à 23°. L'eau est de médiocre qualité et les machines sont devenues insuffisantes.

Les conduites de refoulement font en même temps un service de distribution. La canalisation est en tuyaux Chameroy. Le réservoir a coûté 84 300 francs et l'usine élévatoire avec les machines 102 000.

La dépense annuelle est la suivante :

Personnel	9 850 fr.
Charbon	10 900
Huile et divers	4 600
Entretien des machines	2 000
Entretien de la distribution	3 000
Eclairage de l'usine	700
Divers	350
TOTAL	28 400 fr.

La dépense n'était que de 12 000 francs en 1860, 14 750 en 1870, 22 500 en 1880.

Les recettes ont été :

En 1857, 1 ^{re} année.....	2 150 fr.	En 1875	27 350 fr.
En 1860	6 950	En 1880	43 900
En 1865	15 200	En 1885	57 800
En 1871	20 600	En 1890	67 430

Elles sont tombées de 5 000 francs en 1894 par suite du transfert du dépôt des machines de la Compagnie de l'Ouest.

Le service public gêne beaucoup le service privé.

Nouvelle alimentation, adduction de sources. — On amène à ce moment les sources de Morres et de Servigny, prises à 47 kilomètres de la ville. L'aqueduc est en maçonnerie, à section ovoïde de 1^m,30 sur 0^m,90, avec siphons composés de deux files de tuyaux de 0^m,60 ou 0^m,50 de diamètre. La qualité de l'eau est parfaite. On la recueille dans un réservoir de 30 000 mètres cubes à deux compartiments. La dépense prévue est de 5 400 000 francs, et on espère avoir 15 000 mètres cubes par jour pour 48 000 habitants à desservir.

Nogent-sur-Seine. *Prise en Seine, machines hydrauliques* (1869-1889). — En 1869, on a pris l'eau de Seine en amont de la ville et on l'a refoulée par béliers hydrauliques Bollée, avec tuyau ascensionnel de 0^m,125, dans un réservoir de 300 mètres situé à 1 200 mètres de distance et à 20 mètres au-dessus du bief d'alimentation; mais les

béliers avaient de fréquents chômages et exigeaient de fréquentes réparations. En 1889, on leur a substitué une turbine, qui marche régulièrement quelle que soit l'allure de la rivière ; actionnée par une chute de 12 chevaux, elle fait mouvoir deux pompes. L'eau est envoyée dans un nouveau réservoir de 500 mètres cubes, à 2 000 mètres de la Seine et à 35 mètres au dessus ; l'ancien est conservé.

Un seul homme est préposé à l'exploitation, au traitement de 1 200 francs. De 1880 à 1894, les recettes ont passé de 5 000 à 8 300 francs.

Bar-sur-Seine. *Puits près de la Seine, concession à la Compagnie du Gaz (1877).* — La distribution d'eau est concédée à la Compagnie du Gaz. L'eau est prise dans un puits de 1^m,30 de diamètre et de 4^m,50 de profondeur, creusé à 60 mètres de la Seine, près de l'usine à gaz. L'eau provient à la fois des infiltrations de la Seine et de la nappe descendant des coteaux. Quand le fleuve est en crue ou à l'état normal, les eaux du puits sont bonnes ; quand le fleuve est bas, les eaux du puits deviennent mauvaises, sentent la vase et le goudron.

Il y a une seule machine motrice à vapeur de 35 chevaux ; la conduite de refoulement qui va au réservoir est alimentaire sur son parcours ; la pression y est donc variable, il en résulte des coups de bélier et quelques ruptures de joints et de tuyaux de plomb, surtout aux bornes-fontaines.

Les conduites d'eau et de gaz sont dans la même tranchée, solution défectueuse.

La ville avait garanti à la Compagnie du Gaz l'intérêt de la dépense ; la garantie ne fonctionne plus, et la Compagnie fait aujourd'hui 2 000 francs de bénéfices, plus les intérêts.

Tout progrès est entravé ; le service public est défectueux à cause de la sévère réglementation des bornes-fontaines, qui sont au nombre de 16.

Les bouches de lavage sont ouvertes de deux jours l'un pendant une heure, ce qui est absolument insuffisant. Les parties basses de la ville n'ont pas de bouches, parce qu'elles reçoivent les eaux des parties hautes.

En résumé, le système de la concession appliqué avec toutes espèces de restrictions a donné de mauvais résultats.

Alimentation de diverses communes du pays d'Othe ; sources entourant la forêt d'Othe. — Le pays d'Othe est un ovale à contour découpé qui appartient à la formation éocène et qui repose sur le crétacé ; il est recouvert en grande partie par la forêt de

ce nom et l'on trouve dans la craie à sa base d'abondantes eaux souterraines qui alimentent de nombreuses communes et qui sont comparables comme origine à celles de la Vanne.

1° *Eaux-puiseaux* (1878). — On a capté, au pied du versant Sud, une source de la forêt qu'on a recueillie à l'extrémité d'un tunnel de 62 mètres de long, ouvert dans la craie et exécuté en maçonnerie de briques. Du bassin d'extrémité part une conduite de 0^m,12 en fonte de 800 mètres de long. Réservoir de 150 mètres cubes à deux compartiments en maçonnerie de briques. 5 115 mètres de tuyaux en fonte de 0,05 à 0,165. Dépense 75 000 francs, dans laquelle entrent le réservoir pour 15 000 francs, les regards pour 1 500 francs, et le tunnel pour 3 300 francs. Population 350 habitants. Recette annuelle : 2 000 francs, soit 6 francs, par habitant ; mais il n'y a comme service public qu'un lavoir communal.

2° *Villemoiron* (1887). — Eaux d'un courant souterrain, situé dans le fond d'un vallon, captées à 7^m,50 de profondeur et conduites par un aqueduc de 500 mètres dans un bassin maçonné d'où part une conduite forcée de 0^m,135 de 3 410 mètres de long.

La captation et l'aqueduc ont coûté 12 000 francs, la canalisation 30 000 francs.

On alimente 2 lavoirs publics, une fontaine dans les champs et des bouches à incendie. Service privé très développé.

3° *Saint-Mars-en-Othe* (1844). Une source, naissant au fond d'un vallon, est captée dans une chambre et amenée par une conduite forcée de 1 000 mètres dans un réservoir. Les bornes-fontaines sont très nombreuses, fonctionnent mal, gèlent en hiver et perdent beaucoup d'eau. Service privé très faible.

4° *Maraye-en-Othe* (1892). Deux agglomérations sont alimentées depuis 1843 par les eaux d'un courant souterrain captées à 9 mètres de profondeur en travers d'un vallon ; il y a un tunnel maçonné de 200 mètres, une conduite forcée en tôle bitumée de 500 mètres et un réseau de distribution de 2 400 mètres.

En 1892, deux autres agglomérations ont capté l'eau d'un courant souterrain à 35 mètres de profondeur, dans un des vallons se détachant des sommets de la forêt. Il y a un tunnel maçonné de 900 mètres, une conduite forcée de 0^m,20 de 1 320 mètres et un réseau de distribution de 1 700 mètres. Le tunnel a coûté 18 000 francs.

Le service public ne comprend que des bouches d'incendie et deux fontaines dans les champs.

Les particuliers sont donc presque forcés de s'abonner et d'avoir des branchements et tous en ont. L'inconvénient est le gaspillage ; ainsi,

pendant les gelées, les particuliers laissent constamment leurs robinets ouverts.

5. *Laines-aux-Bois* — Puits de recherche de 27 mètres de profondeur dans le vallon de Gloire à la lisière de la forêt; galerie de captation transversale de 30 mètres de profondeur; tunnel de 1 082 mètres de long renfermant la conduite d'adduction en fonte, dont la longueur totale est de 2 700 mètres et qui est suivie d'une conduite de distribution de 2 500 mètres. Pas de réservoir, pas de service public, sauf les bouches d'incendie. Le puits, la galerie et le tunnel dans la craie ont coûté 35 000 francs.

6. *Sommeval* (1891). — Puits de recherche de 60 mètres dans un vallon boisé à la lisière de la forêt; tunnel de 564 mètres amenant l'eau à flanc de coteau; conduite forcée de 1 500 mètres; réservoir de 2 000 mètres de canalisation. Le puits et le tunnel ont coûté 22 500 francs. Pas de service public, sauf les bouches d'incendie. Tous les particuliers sont abonnés et payent pour eux-mêmes, pour les bestiaux et pour leurs jardins arrosés.

7. *Souligny* (1885). — Puits de recherche de 9 mètres de profondeur dans le val de Gloire, à la lisière de la forêt. Tunnel de 10 mètres, aqueduc tubulaire de 1 390 mètres, nouveau tunnel de 101 mètres amenant l'eau dans un bassin à ciel ouvert sur le flanc du coteau. 5 000 mètres de conduite forcée. Service public réduit aux bouches d'incendie. Dépense 77 000 francs.

8. *Villery* (1894). — Cette commune a branché sur l'aqueduc d'amenée de la précédente une conduite forcée de 3 400 mètres de long et a payé à Souligny 28 000 francs d'indemnité pour recevoir 50 mètres cubes par vingt-quatre heures, 236 habitants. Pas de service public, sauf les bouches d'incendie.

9. *Bouilly* (1868). — Puits de recherche de 20 mètres de profondeur dans un vallon à la lisière de la forêt; tunnel de 443 mètres amenant l'eau au flanc du coteau; conduite forcée de 1 362 mètres; réservoir à deux compartiments; 3 200 mètres de canalisation. Le puits, le tunnel et la conduite ont coûté 50 000 francs.

Le service public comprend des bouches à incendie, 1 abreuvoir et 1 lavoir qui n'est alimenté qu'une fois par semaine en temps de sécheresse.

Bar-sur-Aube. — *Captation de sources* (1876). — On a capté les sources sur les deux rives de la Brasse en amont d'un moulin. Les deux galeries aboutissent par des tuyaux en fonte à une chambre d'eau comprise dans un barrage transversal de captation. De là part une

conduite de 0^m,26 en ciment de 1 532 mètres de long, suivie d'une conduite en fonte de 0^m,225 et de 489 mètres de long qui forme la tête de la distribution en ville, composée de tuyaux en fonte avec joints Lavril.

La concession est faite pour 50 années à une Compagnie et à l'expiration de cette période le tout fait retour à la ville.

Les recettes, de 5 000 en 1882, ont passé à 7 200 en 1893, compris 2 000 francs que la ville paye chaque année pour son service public.

Elle a droit pour ce service à 200 mètres cubes d'eau par jour, plus l'eau nécessaire à 30 bornes-fontaines.

Couvignon. *Adduction de source* (1891). — Une galerie maçonnée capte la source et est reliée par un tuyau de 0^m,10, de 971 mètres de long, à une colonne réservoir, en fonte, de 0^m,60 de diamètre et de 4^m,60 de hauteur avec entourage en maçonnerie. De la colonne part une conduite de 0^m,07 aboutissant, après un parcours de 1 154 mètres, à un réservoir en maçonnerie de 135 mètres cubes. Les tuyaux sont en fonte joints Lavril. Le réservoir a coûté 7 325 francs et la colonne réservoir 1725. Dépense totale 36 800 francs, plus 5 000 francs pour un lavoir public. Débit variant de 72 à 191 mètres cubes par jour pour 545 habitants. Chaque concessionnaire paye 5 francs par an.

Colombé-le-Sec. *Adduction de source.* — Une source, captée par une galerie, est conduite par un tuyau de 0^m,06 de 200 mètres de long à un réservoir de 1 000 mètres cubes destiné à emmagasiner les eaux en temps de sécheresse. On alimente 2 lavoirs, 8 bornes-fontaines et un réservoir pour le bétail. Dépense 24 000 francs. Débit 20 à 100 mètres cubes par jour pour 344 habitants.

Lagnol. *Adduction de source.* — La solution est la même. On a construit un réservoir en maçonnerie de 1 700 mètres cubes afin d'emmagasiner pour le temps de sécheresse l'eau nécessaire à l'alimentation des habitants et du bétail. Dépense 29 000 francs. Débit 37 à 100 mètres cubes par jour pour 307 habitants. Il y a une fontaine publique, un abreuvoir et un lavoir.

BOUCHES-DU-RHONE

Marseille. *Eaux de la Durance.* — Nous avons décrit dans les chapitres précédents le canal dérivé de la Durance pour l'irrigation de quelques communes et pour l'alimentation de Marseille; nous avons signalé les anciens bassins-filtres, le réservoir de décantation de Saint-Christophe, l'aqueduc de Roquefavour.

La distribution est assurée par 850 kilomètres de conduite ; 14 kilomètres de conduites principales sont posées en galeries. Pour desservir quelques quartiers élevés de la banlieue, on a recours à 11 machines hydrauliques : la plus puissante est une roue à augets actionnant des pompes qui élèvent 30 litres à la seconde, il y a quelques béliers.

Le service des abonnés est réglé par des robinets de jauge ; malheureusement, il y a des variations énormes de pression dans le réseau par suite des consommations considérables et intermittentes des services publics. L'établissement d'une seconde canalisation, indépendante de la première, va remédier à cet inconvénient.

On distribue aux abonnés 160 000 mètres cubes par vingt-quatre heures, ce qui correspond à 400 litres par tête ; le service public absorbe 130 000 mètres cubes en été, mais beaucoup moins en hiver.

La progression des recettes de 1890 à 1895 a été de 23 000 francs par an.

Le service public comprend : 685 bornes-fontaines, 25 fontaines monumentales, 400 urinoirs, 1 750 bouches d'arrosage.

Égouts. — Il n'y a que 64 kilomètres d'égouts anciens. On a créé un réseau nouveau de 483 kilomètres avec un émissaire de 11 687 mètres cubes pour le déversement à la mer.

Allauch. *Prise sur le canal de Marseille, refoulement par machines hydrauliques.* — La ville de Marseille a concédé à Allauch une prise d'eau sur son canal et une chute d'eau de 8^m,70 de hauteur avec débit de 410 à 450 litres. Une turbine de 37 chevaux, faisant 86 tours à la minute, actionne 3 pompes horizontales à double effet, dont le piston a 0^m,16 de diamètre et 0^m,30 de course ; débit total 17 litres, refoulés à 140 mètres de hauteur par une conduite de 0^m,20 de 3 800 mètres de long, dans un réservoir de 800 mètres cubes. Le rendement mécanique du système est 0,676.

Le bâtiment des machines a coûté 36 000 francs et les machines hydrauliques 33 000.

Le volume d'eau disponible est de 864 mètres cubes par jour pour 1 500 habitants. La dépense annuelle est de 4 160 francs : un mécanicien à 1 200 francs, un fontainier à 950 francs, entretien de la machine 1 500 francs et de la canalisation 500 francs.

Service public très développé : 10 bouches, 10 bornes, 1 fontaine monumentale, 2 lavoirs consommant la moitié de l'eau disponible. Ce service est excessif et a empêché l'accroissement des recettes, qui sont cependant de 5 000 francs pour 1 500 habitants.

La commune ne peut jusqu'à présent payer les 10 000 francs de redevance annuelle promis à la ville de Marseille.

La Ciotat. *Canal dérivé de celui de Marseille.* — Les eaux sont prises sur une branche du canal de Marseille à raison d'une redevance de 120 francs par an pour le débit d'un litre à la seconde.

Le canal adducteur est tantôt à ciel ouvert, tantôt en souterrain, tantôt en siphon avec tuyaux forcés en fonte ou en ciment; le tunnel de Mussuguet a 3 405 mètres de long avec une section d'un mètre de large sur 2 mètres de haut; il a coûté 510 795 francs.

Le canal aboutit à des bassins de décantation d'où partent les conduites forcées de distribution.

L'eau manque de fraîcheur en été et est exposée à quelques causes de pollution dans son parcours à ciel ouvert.

La dépense annuelle s'élève à 15 000 francs dont 6 000 francs de redevance. Le débit total est donc de 50 litres à la seconde, le service public en absorbe 15.

Martigues. *Dérivation du canal de ce nom.* — Un bassin du canal alimente la conduite forcée dont le diamètre diminue de 0^m,25 à 0^m,08 et qui débite à l'origine 15^{lit},5 à la seconde. On a calculé ce débit en tablant sur un débit de un demi-litre à la seconde pour 31 bornes-fontaines. La dépense d'entretien se borne à un fontainier à 1 000 francs.

CALVADOS

Caen. *Adduction de sources (1890).* — En 1857, on installa sur le cours du Petit-Odon trois turbines actionnant des pompes qui refoulaient dans deux réservoirs de 2 000 mètres cubes les eaux d'un puits artésien. On n'obtenait ainsi que 2 500 mètres cubes par jour et les quartiers hauts étaient fort mal desservis.

Ce système a été abandonné; on est allé chercher les sources de Moulines à 27 kilomètres de la ville, qui arrivent par conduite forcée en fonte de 0^m,50. Recueillies dans un réservoir à l'altitude 125, elles alimentent un réservoir intermédiaire de 2 700 mètres cubes à l'altitude 72, situé à 8 kilomètres de la ville puis se rendent dans le réservoir de distribution de 8 300 mètres cubes à la cote 45; le point bas de la ville est à l'altitude 6 mètres. L'eau est fraîche, limpide, agréable, elle marque 24° à l'hydrotimètre, renferme 0^{gr},154 de chaux totale par litre, et point de matières organiques.

Le volume disponible est de 7 000 mètres par jour en hiver, 5 700

en été. Nous ignorons pour quel motif a été créé le réservoir intermédiaire.

Service public : 153 bornes ; 108 bouches d'arrosage et 55 d'incendie ; il y a 844 abonnements dont 105 au compteur.

Dépenses annuelles :

Entretien et fontainiers.....	10 000 fr.
Gardien des sources logé.....	3 000
Deux gardiens logés aux réservoirs.....	1 800
Un inspecteur.....	2 400
Un comptable.....	2 000

Les égouts se déversent dans les deux petits affluents de l'Orne et un collecteur principal se rend directement à l'Orne.

De 30 000 francs en 1889, les recettes ont monté à 42 500 francs en 1894.

Honfleur. — Ancienne distribution très défectueuse, conduites en très mauvais état. Un projet d'amélioration est à l'étude.

Lisieux. *Adduction de sources* (1882). — La ville de Lisieux a concédé pour 50 années à la Compagnie générale des Eaux l'exploitation des sources de Rouges-Fontaines et de Cavaudon situées à l'est de la ville et la source de Bourguignolles, située à l'ouest. Elles débitent en tout 1 097 mètres cubes par vingt-quatre heures. Depuis, la Compagnie a capté, au nord, la source du Lieu-Doux, débit 700 mètres. Total disponible : 1 800 mètres avec réduction de 300 mètres en été.

Chacune des trois premières sources est reçue dans un réservoir de 700 mètres. Les trois réservoirs sont à la même altitude, 78^m,50 pour le radier, et renferment 3^m,50 de hauteur d'eau. Une pression de 30 mètres est assurée sur presque toute la ville, sauf au voisinage du réservoir où elle est encore de 10 mètres.

Les réservoirs sont couverts par des voûtes en briques creuses, portées sur des fers double T espacés de 1^m,10 et de 3 mètres de portée ; ces fers s'assemblent par équerres sur des poutres en fer portées par les murs de pourtour et par des colonnes creuses en fonte posées sur des en granit. Il existe un revêtement gazonné de 0^m,50.

La canalisation comprend 21^{kil},400 de conduites de 0^m,216 à 0^m,06, 63 bornes-fontaines et 44 bouches d'arrosage.

Le concessionnaire était tenu d'installer des bouches de lavage, fonctionnant une heure et demie par jour, des bornes-fontaines à repoussoir débitant 12 litres à la minute, le nombre total des prises était fixé à 100.

La Compagnie est tenue de fournir à la ville 500 mètres cubes d'eau par jour au minimum et 800 mètres cubes au maximum, au prix de 26 francs par an pour 1 mètre cube par jour. Elle est libre de vendre le reste aux particuliers, sans dépasser 20 francs par an pour 1 hectolitre par jour.

Les recettes comprennent :

250 mètres cubes à la ville à 26 francs.....	13 000 fr.
Compagnie de l'Ouest.....	6 000
150 abonnés, environ.....	3 000
TOTAL.....	<u>22 000 fr.</u>

Trouville. *Adduction de sources* (1880). — Une conduite de 12^{kil},300 et de 0^m,162 de diamètre prend les sources de Pierre-Azif, au sud de la ville, et les amène dans un réservoir en maçonnerie de 800 mètres cubes dominant la ville, placé dans le coteau. Il y a 7 500 mètres de conduites de distribution.

La conduite d'aménée, construite partie en grès, partie en fonte, soumise à des pressions de 4 à 6 atmosphères, donne lieu à de fréquents accidents, et on arrivera progressivement à mettre partout de la fonte.

Pendant la saison des bains de mer, la quantité d'eau est insuffisante.

La concession a été accordée à une Compagnie pour 99 ans ; la ville garantit à la Compagnie un produit brut annuel d'abonnements égal à 15 000 francs ; quand ce produit aura dépassé 15 000 francs, la ville sera dégagée pour toujours ; enfin, quand il dépassera 30 000 francs, elle recevra la moitié de l'excédent.

De 7 000 francs en 1880, le produit a passé à 25 000 francs en 1894. Mais on évalue la dépense d'entretien et d'exploitation à 12 000 francs, ce qui paraît excessif.

Deauville. *Adduction de sources* (1886). — On a recueilli la source du Vieux-Deauville dans un réservoir situé à 20 mètres au-dessus de la ville. Mais en été cette source tombe à un débit de 180 mètres cubes par jour, beaucoup trop faible pour une population qui peut atteindre 10 000 habitants ; la population d'hiver n'est que de 2 400. Le service public est à peu près nul ; la Compagnie des Eaux a un véritable monopole ; elle a peine à servir même ses abonnés, et cependant elle réalise un produit annuel d'environ 16 000 francs.

La dépense première n'a pas dépassé 120 000 francs. La ville se préoccupe d'établir un nouveau service.

Pont-l'Évêque. *Adduction de sources* (1853). — Une source, dite « Fontaine-Marais », dominant la ville, a été recueillie dans un bassin

et amenée en ville, aux frais d'un donataire. On a dû plus tard créer un réservoir et augmenter la canalisation pour desservir deux communes annexées. Débit journalier constant : 430 mètres cubes pour 3 000 habitants. Service public très bien assuré. On a commencé en 1888 seulement à donner des abonnements privés qui produisent 1 064 francs en 1894.

Crèveœur. *Dérivation de ruisseau* (1869). — Cette commune de 395 habitants a été autorisée à pratiquer, moyennant indemnité, une prise d'eau dans le bief d'un moulin établi sur la rivière l'Algot. L'eau arrive au bourg par un canal d'un kilomètre, à ciel ouvert, et remplit un réservoir en maçonnerie de briques de 10 mètres cubes ; elle dessert par un tuyau de 0^m,06 trois fontaines ou bouches et le surplus s'écoule dans des fossés qui desservent le bourg. Toutes les propriétés sont donc pourvues d'eau courante, deux lavoirs publics sont alimentés, et quelques herbages sont irrigués. Ce système simple offre évidemment des dangers au point de vue de la contamination des eaux.

Livarot. *Adduction de sources* (1882). — Autrefois les eaux étaient distribuées par un réseau de tuyaux en terre cuite très défectueux. On l'a remplacé par un réseau en fonte de 1 600 mètres de développement, et on a recueilli les sources dans un réservoir de 150 mètres cubes dominant la ville. Dépense 35 000 francs. Entretien 800 francs. Débit 200 à 400 mètres cubes par jour, pour 1 500 habitants desservis. Service public 15 bornes-fontaines et 3 bouches à incendie. Pas d'abonnements.

Vire. *Adduction de sources* (1575, 1848, 1892). — La source des Mancellières (terrain cambrien) est excellente et ne marque que 3°. Elle est recueillie dans des drains de 0^m,22 de diamètre entourés de pierres cassées, qui ont été posés en tranchée à 6 mètres sous le sol. La conduite d'amenée, de 2 255 mètres de long, est partie en tuyaux de poterie ou de ciment, partie en aqueduc maçonné, avec pente de 0,002 ; les queues de renard l'envahissent fréquemment. Deux réservoirs en maçonnerie, de chacun 500 mètres cubes, emmagasinent le produit de la source et desservent un réseau de distribution de 4 800 mètres, tuyaux en fonte avec joints en caoutchouc.

Six fontaines monumentales anciennes sont à jet continu, sauf pendant les deux ou trois mois de grande sécheresse.

Le débit par jour varie de 260 à 900 mètres cubes pour 4 000 habitants. Il y a en outre trois petites prises d'eau et de nombreux puits. Mais le service public absorbe toute l'eau de la canalisation ; il n'y a pas d'abonnements.

Falaise. *Adduction de source.* — Une source, à 1 800 mètres de la ville, est captée à 3^m,50 de profondeur et amenée par conduite en fonte de 0^m,15 de 300 mètres dans un réservoir en maçonnerie de 300 mètres cubes à deux compartiments. Il y a quatre grandes fontaines à jet continu, 32 bornes à repoussoir et 10 bouches de lavage.

Le service privé était à robinet libre, mais, en présence des nombreux abus, on vient de rendre le compteur obligatoire.

Le débit de 700 mètres cubes en temps ordinaire tombe à 450 en septembre.

Bayeux. *Sources, machines élévatoires* (1886). — La ville a acquis les sources de Barbeville dont le débit minimum est de 1 235 mètres cubes par jour. On devait les élever d'abord avec une turbine mue par une rivière voisine, mais on ne pouvait compter sur un travail suffisant; on a adopté une machine à vapeur unique, mais avec double générateur, pouvant élever 1 000 mètres cubes par 24 heures à une hauteur réelle de 39 mètres par une conduite de refoulement de 2 700 mètres de long et de 0^m,162 de diamètre. Il y a un réservoir de 500 mètres cubes sur chacun des versants de la ville, ce qui donne un excellent service de distribution.

Les travaux ont été payés par la ville, mais l'exploitation de la distribution a été concédée à un particulier qui en assure l'entretien et le fonctionnement: le produit brut des abonnements lui est abandonné jusqu'à concurrence de 12 000 francs par an; au delà, le surplus serait partagé par moitié entre la ville et lui. Il fournit gratuitement à la ville 400 mètres cubes par jour d'octobre à mars et 600 mètres d'avril à septembre; chaque mètre cube en excédent serait payé 8 centimes. Tant que la recette n'a pas atteint 6 000 francs, la ville a parfait la différence,

Il y a 41 bouches d'arrosage, 35 bornes-fontaines et 6 bouches d'incendie pour une population de 7 000 habitants.

Le produit n'est encore que de 5 872 francs en 1894, et la Compagnie de l'Ouest y entre pour 3 200. Le nombre des abonnements est tombé de 105 à 86. Le produit s'était élevé à 6 400 francs en 1891.

Ce produit est donc des plus faibles, et l'affaire est mauvaise. Cela tient à l'existence de beaucoup de puits particuliers, à l'élévation des tarifs d'abonnement, et surtout à l'élévation des frais de premier établissement et des frais de compteur. Le compteur seul coûte 115 francs plus 10 francs d'entretien annuel; la location même est de 15 francs par an.

C'est exorbitant pour des maisons à un seul locataire et de peu d'importance.

Port-en-Bessin. *Adduction de source.* — Une source à flanc de coteau, à 500 mètres de la commune, a été captée dans un petit réservoir. La pression est de 10 mètres sur les quais. L'eau est bonne, quoique marquant 28°. La canalisation est en fonte avec joints ordinaires. Le débit varie de 300 mètres cubes à 78 en août et septembre.

Il y a 9 bornes-fontaines et une fontaine à vasque sur le quai.

Saint-Pierre-sur-Dives. *Puits, moulin à vent, moteur à gaz* (1894). — Cette petite installation, exécutée par M. Binet, ingénieur à Caen, est fort bien comprise.

La commune était desservie par un ruisseau, presque à sec en été, véritable égot à ciel ouvert.

Puits foré. — On creusa un puits ordinaire de 2 mètres de diamètre jusqu'à 13 mètres de profondeur, rencontrant vers 11 mètres de profondeur, dans la marne bleuâtre, un premier niveau d'eau impure. Dans ce puits on exécuta un forage tubé, jusqu'à 30 mètres de profondeur, avec trois diamètres successifs : 0^m,63, 0^m,48 et 0^m,30. Le tube 0^m,63 enveloppe celui de 0^m,48 sur une hauteur de 8^m,50 ; tous deux s'arrêtent dans le puits au-dessus de la première nappe, et l'intervalle entre eux est rempli avec du béton fin de ciment ; la première nappe est donc bien isolée. On a trouvé une deuxième nappe, vers 18 ou 20 mètres dans le calcaire oolithique ; à la profondeur 24 mètres on a pu tirer 16 mètres cubes à l'heure d'une manière continue, l'eau s'élevant dans le tube à 12 mètres au-dessous du sol.

De là elle est refoulée dans un réservoir de 1 200 mètres cubes à 3 mètres au-dessus du sol.

Moulin à vent. — C'est une éolienne Bollée, du numéro le plus élevé, actionnant une pompe à piston de 80 millimètres de diamètre ; du 1^{er} mai au 1^{er} décembre 1894, elle a élevé régulièrement 56 mètres cubes par vingt-quatre heures, débit constaté au compteur ; elle a subi sans avarie une forte tempête ; le graissage à l'huile minérale est facile et peu fréquent. Il est vrai que ce moteur aérien est installé au point culminant d'un plateau où le vent se développe librement.

Moteur à gaz. — Ce moteur de secours est du type Niel, à 4 chevaux, actionnant une pompe spéciale avec débit de 28 mètres cubes à l'heure.

Réservoir. — Le réservoir a 1 200 mètres cubes de capacité ; il est fondé à 0^m,80 sous le sol sur la pierre calcaire : radier en béton de 0^m,30 ; murs de pourtour de 3^m,50 de hauteur, de 0^m,80 d'épaisseur au sommet et de 1^m,20 à 1 mètre au-dessus de la base avec solin en quart de cercle de 1 mètre de rayon se raccordant horizontalement avec le radier. Colonnes en fonte espacées de 3 mètres d'axe en axe supportant 8 voûtes longitudinales en briques de 3 mètres d'ouverture et de

0^m,50 de flèche, retombant sur des fers double T de 0^m,25 de hauteur portés par les colonnes ; les colonnes sont entretoisées par des fers plats et des colliers dans le sens transversal.

Tout le réservoir est enterré et surmonté de terre.

La grande capacité relative de ce réservoir est destinée à parer en partie aux chômages du moteur aérien sans recourir au moteur à gaz.

La population agglomérée est de 1 750 habitants.

Il y a 28 bornes-fontaines à repoussoir, 10 bouches à incendie avec régulateur de débit.

La charge disponible est assez faible : le niveau moyen du réservoir étant à 40^m,30 d'altitude, la place de la Mairie est à 28^m,50 et le point le plus élevé vers l'altitude 35 mètres. Il a donc fallu recourir à des diamètres relativement élevés pour les conduites : 0^m15 à 0^m,08 ; le diamètre 0^m,06 n'existe que sur le quart du réseau.

Le service privé n'était guère possible ; on a préféré un service public très large.

Le moteur aérien avec sa pompe et ses transmissions à coûté 8 000 francs ; même prix pour le moteur à gaz et sa pompe. Réservoir 28 700. Canalisation 40 300 francs. Dépense totale : 95 000 francs environ. Le moulin est monté sur un pilône à 10 mètres du petit bâtiment recouvrant le puits, les pompes et le moteur.

Lavage du ruisseau. — Le ruisseau infecté a été pourvu d'un radier en pavés de 0^m,50 de flèche ; on y envoie les eaux d'arrosage, le trop-plein du réservoir, et on a établi à l'amont un bassin de chasse avec vanne, que l'on fait jouer aussi souvent qu'il est nécessaire.

CANTAL

Aurillac. *Eau de source et eau de rivière, adduction par la gravité* (1868). — Les vieux puits, dont on se sert encore, donnent une eau des plus suspectes à degré hydrotimétrique très élevé.

En 1868, on a installé sur le coteau d'Aurillques 4 bassins de 500 mètres cubes chacun ; 2 reçoivent l'eau de la Jordanne prise au-dessus d'un barrage à l'amont et à 3 kilomètres de la ville, et 2 reçoivent l'eau des sources du Morou, d'origine calcaire.

L'eau de la Jordanne donne 0^{gr},114 de résidu solide par litre, dont 0^{gr},032 de carbonate de chaux ; elle renferme quelques milliers de germes par centimètre cube ; mais elle est toujours suspecte puisqu'elle reçoit les déjections des villages de la partie haute de la vallée ; sa

température est de 13° et son degré hydrotimétrique 5; elle vient de montagnes volcaniques. Elle est amenée du barrage aux bassins par la gravité au moyen d'une conduite en fonte de 0^m,20; elle est souvent trouble et limoneuse à la suite des pluies et fontes de neige; aussi faut-il curer les bassins tous les deux mois, et il s'y forme par an un dépôt noirâtre de 0^m,50 de hauteur. Comme l'eau séjourne au plus 12 heures dans les bassins, la décantation est très imparfaite.

L'eau des sources du Morou donne 0^{gr},126 de résidu solide par litre et renferme 0^{gr},079 de bicarbonate de chaux, ce qui la rend incrustante; elle renferme aussi quelques milliers de germes par centimètre cube, avec des algues et des mycéliums; elle devient laiteuse en temps de pluie, ce qui indique des sources imparfaites à alimentation superficielle. Néanmoins elle est bien supérieure à l'eau de rivière. Elle laisse dans ses bassins un dépôt de carbonate de chaux évalué à 0^m,30 par an. Elle y est amenée par une conduite en fonte de 0^m,20.

Il y a deux distributions distinctes: l'eau de source alimente cinq fontaines jaillissantes continues, il s'en perd les neuf dixièmes. L'eau de rivière est réservée aux bouches, aux bornes-fontaines, aux établissements publics et aux concessions privées.

Ce système constitue une anomalie bizarre; en le renversant, on réaliserait une amélioration réelle.

Le débit de la prise en Jordanne varie de 8 à 16 litres à la seconde et celui des sources de 6 à 12.

On a supprimé les concessions à robinet libre; il existe 18 concessions au robinet de jauge et 184 au compteur. La progression des recettes est continue mais lente: 6 300 francs en 1890, 8 467 francs en 1894.

On étudie des projets d'amélioration comportant l'adduction de sources supérieures de la vallée de la Jordanne.

Du reste, la charge disponible est beaucoup trop faible, surtout pour une ville où les maisons à plusieurs étages sont nombreuses. Le réservoir est à l'altitude 632 mètres et la place centrale à 620.

Égouts. — Depuis 1885, Aurillac a créé un réseau d'égouts en béton de ciment de Grenoble à prise rapide. Un collecteur de 1 233 mètres de long, parallèle au thalweg, a 2 mètres de haut sur 1^m,40 de large; un second type, de 1^m,50 sur 0^m,70, règne sur 2 033 mètres, et il y a des buses de 0^m,60 de diamètre sur 590 mètres. Tout cela recueille les eaux résiduaires, le produit des bouches de lavage.

Malheureusement le collecteur débouche dans la Jordanne à l'aval de la ville et la souille; il eût été facile de le prolonger davantage et de faire servir avantageusement les eaux à l'irrigation de prairies

importantes. Les égouts ont néanmoins réalisé dans la ville une grande amélioration.

Saint-Flour. *Sources et drainages* (1888). — La ville de Saint-Flour proprement dite, sise sur un promontoir basaltique, rattaché, par une langue étroite, au massif de la Planèze, domine de 100 mètres la vallée du Lander et son principal faubourg.

Le faubourg et divers hameaux sont alimentés directement par des sources captées dans la formation basaltique et amenées aux fontaines par des tuyaux en fonte. Nous ne nous occuperons que de l'alimentation de la ville haute.

Autrefois on recueillait les sources de Frayssinet et du pré Morel et on les amenait par des conduites en poterie devenues hors d'usage ; on a réuni aux précédentes les sources de Védernat, qui naissent des fissures de la lave basaltique. Elles sont captées à 2^m,50 et les premières à 3^m,50 de profondeur.

Le captage se fait par un aqueduc de 0^m,30 sur 0^m,30 de section recouvert d'une dalle de 0^m,10 ; la cuvette est enduite en ciment et étanche sur 0^m,15 de haut. Du côté des suintements, elle est percée de barbacanes, et une pierrée filtrante de 0^m,50 de largeur lui est accolée ; cette pierrée surmonte le dallage de 0^m,50 et est recouverte d'un lit de mousse empêchant l'entraînement des terres. — Une galerie, en tranchée et tunnel, de 400 mètres de long, amène les eaux de Védernat au regard commun ; le tunnel a 1^m,60 sur 0^m,60 avec épaisseur de maçonnerie de 0^m,35 ; il présente une cuvette de 0^m,20 sur 0^m,12 avec enduit de ciment ; la pente est de 0^m,002.

Les eaux sont amenées par des tuyaux en fonte à un réservoir de 500 mètres cubes à deux compartiments dominant la ville de 30 mètres en moyenne.

La canalisation est en fonte avec joints Lavril. Diamètres 0^m,108 à 0^m,04.

Il y a 29 bornes-fontaines et 8 fontaines à jet continu.

Malheureusement le produit des sources s'abaisse sensiblement de juillet en octobre, et on ferme la distribution pendant la nuit pour que le réservoir se remplisse. Le débit varie de 98 à 115 mètres cubes par jour pour 2930 habitants, soit 33 litres seulement par tête.

Il n'y a pas de service privé.

Égouts. — Les égouts sont des dallots de 1^m,20 sur 0^m,80 dont le radier est d'ordinaire le rocher lui-même.

Murat. *Sources et drainages* (1879). — Deux kilomètres environ de conduites libres en ciment de 0^m,14 de diamètre recueillent les petites

sources des coteaux. Les eaux, louches par les grandes pluies, passent par un petit bassin de décantation, puis entrent dans un réservoir cylindrique de 12 mètres de diamètre et 5 mètres de hauteur divisé en deux par un mur vertical. Du réservoir part le réseau de distribution en fonte avec joints ordinaires. Diamètre 0^m,10 à 0^m,05. La charge maxima est de 55 mètres. Quelques conduites, posées à trop faible profondeur, de 0^m,50 à 0^m,60, sont exposées à geler.

Service public : 12 fontaines à jet continu avec bassins et 18 bornes-fontaines.

Égouts. — Un collecteur de 1^m,10 sur 0^m,60 et un ancien égout en pierres sèches conduisent les eaux pluviales et les eaux ménagères dans un ruisseau.

Mauriac. *Drainages.* — Les sources et suintements de plateaux basaltiques sont récoltés dans des drains à pierres sèches qui se relient à un réseau de conduites étanches de plomb ou de fonte pour la distribution. Il y a 11 fontaines. Le débit de sécheresse tombe à 115 mètres cubes par jour pour 2 500 habitants, soit 46 litres par tête.

Salers. *Source, conduite en grès.* — Une source, des terrains basaltiques, est amenée en ville par une conduite en grès de 1 500 mètres de long ; elle alimente cinq fontaines publiques à jet continu. Débit 210 mètres cubes par jour pour 1 000 habitants. Le service privé donne 70 francs de recette annuelle. Dépense 1 800 francs.

Saignes. *Source, conduite en fonte.* — Une source de même origine que la précédente est amenée par une conduite en fonte de 1 000 mètres à 4 fontaines à écoulement continu et à un lavoir public. Dépense 14 000 francs. — Débit 110 mètres cubes pour 400 habitants.

Marcenat. *Source, conduite en grès (1884).* — Une source excellente est amenée par des tuyaux en poterie vernissée, 992 mètres, et par une conduite en fonte de 0^m,05 de 344 mètres à une fontaine monumentale avec bassin ; des tuyaux en plomb alimentent trois bornes à jet continu. Dépense 9 000 francs.

Débit 69 mètres cubes par jour pour 887 habitants.

Condat. *Source, conduite en poterie et en fonte (1892).* — La solution est la même que ci-dessus. Dépense 15 000 francs. Débit 160 mètres cubes par jour pour 863 habitants. 11 bornes-fontaines à jet continu. L'absence de réservoir entraîne un gaspillage énorme et ne permet pas de tirer parti du volume disponible.

Vic-sur-Cère, Laroquebrou, Montsalvy, Saint-Cernin, etc.

Adduction de sources. — Les chefs-lieux de canton, ainsi que d'autres communes, captent des sources dans les terrains volcaniques ou granitiques, désagrégés ou fissurés, et les amènent dans des fontaines à écoulement continu avec bassins pour abreuver les bestiaux. — Comme en tout pays de montagne, les pentes disponibles sont considérables et l'écoulement est facile ; mais la variation des débits est souvent considérable ; la captation est souvent mal faite et les eaux se troublent lors des pluies. Les anciennes conduites étaient en bois ; on les a remplacées par des tuyaux en terre cuite, puis par des tuyaux en plomb ou en fonte.

CHARENTE

Au nord d'Angoulême, ce département appartient au terrain jurassique et, au sud, au terrain crétacé avec plateau d'éocène. Le crétacé présente deux niveaux d'eau : le plus considérable au-dessus des argiles bleuâtres tégulines que surmontent trois étages calcaires, et le second à la base de l'étage santonien qui forme les sources de la Palue, de Gensac et de Roncenac.

Angoulême. *Sources, machines à vapeur, machines hydrauliques* (1889). — On a remplacé les prises d'eau contaminées de la Charente et de la Touvre par une prise directe dans le gouffre même qui donne naissance à la Touvre. L'eau passe dans un filtre en cailloux, gravier et charbon ; elle est prise par une conduite en fonte à joints ordinaires de 0^m,40 de diamètre, de 9 kilomètres de long, qui l'amène à l'usine à vapeur de Foulpougne. Une conduite de 0^m,30, de 4 kilomètres de long, apporte le reste de l'eau à l'usine hydraulique de Saint-Cybard au pied de la ville.

Chaque usine a son puisard et sa conduite de refoulement qui aboutit à des réservoirs de 6 000 mètres cubes à quatre compartiments. La distribution se fait par une conduite maîtresse de 0^m,30 sur 3 kilomètres et de 0^m,25 sur 3 autres kilomètres et par des branchements. La charge atteint 85 mètres en certains points.

Il y a deux machines à vapeur de 40 chevaux et une machine hydraulique de 20 chevaux. L'usine à vapeur a coûté 135 000 francs, l'usine hydraulique 225 000, les réservoirs 155 000 francs.

Le débit, de 4 000 mètres cubes par jour, est invariable. — La dépense annuelle s'élève à 35 500 francs : mécaniciens et fontainiers 11 000 francs machines à vapeur 13 500 francs, machine hydraulique 1 500.

Le produit ne varie pas et reste à 41 000 francs pour 33 500 habitants. Ce produit paraît un peu faible : il couvre à peine la dépense d'exploitation.

Jarnac. *Sources, machines élévatoires à vapeur* (1892). — La source de la Touche est captée dans un puits de 2 mètres de diamètre et de 5 mètres de hauteur. L'eau est refoulée par machines à vapeur horizontales, à condenseur et à détente variable, et par des pompes à piston plongeur dans une conduite de 0^m,18 et de 2 800 mètres de long. Le réservoir a son fond à 0^m,70 au-dessus du sol : il renferme 5^m,80 de hauteur d'eau ; en été, l'eau s'y chauffe.

Service public : 32 bornes et 44 bouches.

Le service privé est appelé à se développer par la consommation des distilleries.

Ruffec. *Sources et eau de rivière, machines hydrauliques.* — Une roue Sagebien et une turbine élèvent de l'eau de source, à laquelle on ajoute l'eau de la Charente en été, dans un réservoir de 750 mètres cubes à deux compartiments. La hauteur du refoulement est de 43 mètres et la longueur 1 380 mètres ; il y a une conduite de 0^m,18 pour la pompe de la roue, débitant 55 mètres cubes à l'heure, et une de 0^m,108 pour la pompe de la turbine débitant 22 mètres cubes. Service public : 15 bornes et 22 bouches. La distribution est concédée pour 40 ans ; la dépense première a été de 175 000 francs ; dépense annuelle 1 600 francs ; recettes 7 000 francs pour 3 700 habitants.

La Rochefoucauld. *Eau de rivière, moteur hydraulique.* — L'eau de la Tardoire, qui coule sur un lit de graviers, est amenée dans un puisard d'où elle est refoulée dans un réservoir de 300 mètres cubes. Canalisation en fonte, 18 bornes, pénurie d'eau en temps de sécheresse : service suspendu alors pendant la nuit et au milieu du jour.

CHARENTE-INFÉRIEURE

La Rochelle. *Nappes souterraines, machines à vapeur* (1864-1883). La nappe de Lafont, au nord de la ville, qui descend à 2 mètres sous le sol en temps de sécheresse, était amenée avant 1864 par une conduite en poterie dans des puits étanches disséminés dans la ville et munis de pompes. En 1865, on a élevé cette eau par une machine Farcot à balancier, qui fonctionne encore parfaitement.

En 1883, la nappe de Lafont étant devenue insuffisante, on a eu

recours à la nappe de la vallée de Périgny, à l'est de la ville et à 4 kilomètres. Un puits de 3 mètres de diamètre n'a pu être descendu à 9 mètres qu'à l'aide d'un scaphandrier malgré de puissants moyens d'épuisement ; on a installé une machine horizontale compound, à détente variable et à condensation, de 46 chevaux.

Les eaux renferment par litre: 0^{sr},117 chlorure de sodium, 0^{sr},321 carbonate de chaux, 0^{sr},062 sels de potasse et de magnésie, avec traces de matières organiques.

En 1889, on a desservi Laleu et la Pallice, et la dépense de premier établissement s'élevait à 1 534 000 francs.

La ville comporte seulement 51 bornes. Il y a deux réservoirs en deux points différents, l'un de 1 600 mètres et l'autre de 1 000.

La dépense annuelle, de 37 000 francs, comprend 15 900 francs pour la consommation des machines et 14 250 francs de personnel.

Les recettes ont été: 6 000 francs en 1867, 8 900 en 1870, 15 000 en 1875, 20 200 en 1880, 24 500 en 1884, et 43 800 francs en 1885 où le règlement des abonnements a été modifié, 57 900 francs en 1890, 71 000 francs en 1893 (application d'un nouveau règlement) et 81 300 francs en 1894. Dans ce total entre la consommation industrielle et marine. Le réseau est en fonte avec joints ordinaires. Il existe un réseau d'égouts conduisant les eaux à la mer.

Saintes. Sources, machines hydrauliques, machines à vapeur (1883).

— Source sur le bord de la Charente, débit 88 à 180 litres à la seconde, marquant 30°. Extrait sec par litre 0^{sr},340; carbonate de chaux 0^{sr},164, autres sels de chaux 0^{sr},070, sulfates: traces, chlorures 0,036, matières organiques 0,055. Ces dernières proviennent du bassin de la source.

Petit bâtiment de prise d'eau avec vanne près de la source. Aqueduc de 0^m,60 de large sur 0^m,90 de haut, en plein cintre, longueur 1 578 mètres, placé sous une route; dépense 66 000 francs. Cet aqueduc aboutit à l'usine hydraulique près la Charente. Outre la roue, il y a deux machines à vapeur compound avec quatre corps de pompe Dubuc, trois chaudières; chaque groupe élève 35 litres à la seconde à 42^m,10 de hauteur par une conduite Lavril de 0^m,25, longueur 825 mètres. Les machines à vapeur et pompes ont coûté 76 300 francs et brûlent 2 kilogrammes de charbon par cheval-heure au lieu de 1^{kg},60, chiffre garanti.

Réservoir en maçonnerie de 1 500 mètres cubes, prix 71 300 francs, plus deux réservoirs en tôle surélevés de 5 mètres, 200 mètres cubes.

La roue et la machine à vapeur fonctionnant à la fois peuvent élever 190 mètres cubes à l'heure.

La canalisation, très développée, est en fonte avec joints Lavril.

Appareils : 37 bornes, 61 bouches. La ville a fait gratis les 325 premiers branchements qui ont coûté 42 150 francs. La canalisation a coûté 166 300 francs avec les appareils du service public.

Dépenses : directeur 1 000 francs, mécanicien, chauffeur, fontainier, logés 3 700, aides et manœuvre 2 100, comptable 1 400, combustible 6 500, entretien et divers 3 100.

Recettes : 14 700 francs en 1883, 16 900 en 1886, 21 700 en 1890, 26 400 en 1894.

Une inondation en 1882 a interrompu le service, une épidémie est survenue ensuite attribuée à tort à l'eau, ce qui a ralenti les abonnements; par suite de la consommation excessive en été, on a dû, en 1886, établir un règlement sévère et imposer le compteur.

Rochefort. *Source, machine à vapeur* (1877). — Les sources de Châteauroux, à 7 850 mètres de la ville, sont amenées par un aqueduc de 4 049 mètres avec pente de 0^m,10 par kilomètre, aux machines de refoulement situées à 3 795 mètres de la ville. Deux machines horizontales, de 0^m,465 de diamètre et de 0^m,90 de course, actionnent des pompes à piston plongeur de 0^m,282 de diamètre et de même course. La hauteur de refoulement est de 22^m,80; conduite de 0^m,35. Bassin de 1 800 mètres cubes. L'aqueduc a coûté 409 000 francs; l'usine 136 000, les machines 86 400, le réservoir 180 500, la canalisation 480 000, dépenses diverses 78 000.

Dépenses annuelles : personnel 12 000, entretien des machines 1 000 francs; combustible et graissage 16 000; entretien de la canalisation et des compteurs 6 000.

Recettes : 25 000 en 1878, 32 800 en 1880, 54 400 en 1885, 59 100 en 1890, 62 600 en 1894.

Les sécheresses successives ont amené une diminution du débit des sources; il a fallu réduire au strict minimum le service public et rendre le compteur obligatoire.

Saint-Jean-d'Angely. *Eau de rivière, machine à vapeur, compagnie concessionnaire.* — La prise d'eau est dans le lit de la Boutonne et munie d'un filtre. La Compagnie concessionnaire s'est engagée à élever par jour au moins 650 mètres cubes d'eau, soit 80 litres par tête pour 8 000 habitants. Réservoir de 500 mètres cubes. Service public : 24 bornes et 21 bouches. Le service privé se fait au robinet de jauge et au compteur. La concession est donnée pour 50 ans. Service médiocre ne permettant aucun progrès.

Montendre. *Source, manège, petite machine à vapeur* (1883). — Une bonne source est amenée dans le puisard d'une pompe qui la

refoule dans un réservoir. Le débit est de 60 mètres cubes par jour pour 1 000 habitants. Le moteur était d'abord un manège : en 1894, on a installé une petite machine à vapeur, dépense 4 000 francs, 12 bornes, 40 concessions rapportant 1 850 francs. En 1895, on a adjugé l'exploitation moyennant 2 000 francs, à la charge de la commune.

Royan. *Nappe souterraine, projet à l'étude (1895).* — Un projet de un million est à l'étude et la ville cherche un concessionnaire. Au voisinage de la vallée de la Seudre, le terrain est formé de roches calcaires (crétacé supérieur), fissurées dans le sens de la vallée; il en résulte un courant souterrain, lent, mais qui doit être considérable, vu le faible débit apparent de la rivière.

La partie supérieure du bassin est formée de terrains tertiaires très perméables qui alimentent la nappe souterraine.

On a exécuté une tranchée d'essai de 500 mètres de long qui recevra la galerie de captation. Des machines élévatoires seront nécessaires.

CHER

Bourges. *Nappe souterraine, machines à vapeur (1866).* — *Système mixte d'exploitation.* — Bourges est sur la formation jurassique moyenne. A 5 mètres du lit de l'Auron, on a pratiqué une fouille; on a enlevé d'abord les alluvions, puis 0^m,90 de tourbe, 2^m,40 de glaise compacte, 0^m,50 de sable calcaire et 1^m,20 de roche calcaire. A la profondeur de 5 mètres, deux pompes fonctionnant jour et nuit et débitant chacune 50 litres à la seconde ne pouvaient épuiser. On a creusé un bassin sur place, avec mur de garde de 1 mètre d'épaisseur le long de la rivière; les eaux y restent toujours à 2 mètres au-dessous de la rivière; il s'agit donc bien d'une nappe distincte. L'eau marque 20° et sa température reste basse 9°.

Il y a deux machines à vapeur verticales à balancier, refoulant l'eau à 300 mètres de là dans deux réservoirs superposés, de 1 200 mètres cubes chacun de capacité; l'élévation est de 20 mètres pour l'un, 35 mètres pour l'autre. Chacun dessert sa zone. Toute la canalisation est en fonte avec joints ordinaires. Le réservoir supérieur peut suppléer l'inférieur.

La ville va probablement remplacer les anciennes machines qui lui reviennent en 1897 et créer un troisième réservoir à 10 mètres plus haut avec une troisième zone de distribution.

Le château d'eau, les bâtiments d'exploitation, ont été établis par un concessionnaire qui reçoit, jusqu'en 1897, 31 annuités de 30 000 francs. Il a aussi la concession du montage de l'eau, moyennant le prix de 1^{er},136 par 100 mètres cubes jusqu'à 2 600 mètres par jour et de 4^{er},544 pour le supplément jusqu'à 4 000 mètres cubes.

Les canalisations sont faites et les abonnements perçus par la commune.

Ce système mixte offre évidemment certains avantages ; l'affermage de l'usine élévatoire débarrasse la ville de toute préoccupation industrielle et évite le coulage. Le montage de l'eau coûte 16 000 francs par an, pour une moyenne d'environ 3 000 mètres cubes.

Les abonnements se font au compteur ; la jauge n'est employée que pour les établissements militaires. Recette : 56 000 francs par an, avec accroissement de 1 000 francs.

Vierzon. *Galerie filtrante près du Cher, machines à vapeur (1888).* Une galerie a été établie sur la rive gauche du Cher, à l'amont de la ville, à 50 mètres de la rive, avec retour à angle droit ; longueur 35 mètres, voûte en plein cintre de 1 mètre de diamètre, 1^m,80 de hauteur sous clef. Du côté du cours d'eau, les joints verticaux des piédroits sont ouverts. Cette galerie est reliée par une conduite en fonte de 0^m,30 de 260 mètres, qui passe sous la rivière à une autre galerie située sur la rive opposée, à côté de l'usine élévatoire. Cette galerie, établie dans l'alluvion de sable et de gravier, a son radier à 1 mètre sous l'étiage du Cher ; ses joints verticaux sont aussi restés libres avec vides de 0^m,01 à 0^m,02.

L'usine comprend : le bâtiment principal, deux logements pour mécanicien et chauffeur, un hangar, une cheminée de 25 mètres et un puisard près la galerie.

Une machine à détente et à condensation de 30 chevaux sur l'arbre fait mouvoir deux pompes. La conduite de refoulement, de 0^m,30 de diamètre et de 1 810 mètres de long, est *alimentaire* sur son parcours et se termine à un réservoir de 1 000 mètres cubes à deux compartiments.

Altitudes : étiage dans la galerie, 100 mètres ; radier du réservoir, 155^m,50 ; le trop-plein est à 4 mètres plus haut.

La canalisation est en fonte à joints ordinaires, avec réseau maillé.

D'octobre à mars, la machine ne fonctionne que 4 heures par jour et élève 300 mètres cubes ; d'avril à septembre, elle marche 9 heures en moyenne pour élever 675 mètres cubes. Elle a coûté 23 000 francs avec ses pompes.

Pour 10 000 habitants, on voit que la consommation est faible, surtout en hiver.

Il y a 18 bornes et 60 bouches fonctionnant 3 heures par semaine de mai en septembre. Le service public n'est donc pas étendu. Les abonnements progressent.

CORRÈZE

Tulle. *Eaux de drainage, nouveau projet, adduction de sources.* — En 1877, on a recueilli des eaux dans des terrains humides, à 2 500 mètres de la ville, en deux points : à l'est et à l'ouest. On alimente ainsi 30 bornes, mais le débit tombe en été à 158 mètres cubes par jour pour 12 500 habitants, soit 13 litres par tête.

On exécute en ce moment un projet d'adduction de deux sources de la vallée de la Solane à 5 kilomètres de la ville, et la conduite d'amenée en ciment recueille les suintements en route. On aura ainsi au moins 500 mètres cubes de supplément, ce qui fera en temps de sécheresse 55 litres par tête. On construit un réservoir de 2 000 mètres cubes. Les sources sortent du granit.

Brive. *Eau de rivière, machines hydrauliques avec château d'eau juxtaposé (1840).* — Un barrage établi sur la Corrèze à l'amont de Brive dirige les eaux dans un canal qui rejoint la rivière à 600 mètres plus bas ; on prend dans ce canal l'eau d'alimentation, et il fournit la force motrice à une roue Poncelet de 5 mètres de diamètre, 1^m,25 de large avec 42 aubes ; elle fait mouvoir un balancier qui à chaque extrémité actionne, par une chaîne Galle, une pompe à piston plongeur à simple effet, de 0^m,25 de diamètre et de 0^m,90 de course.

Le tuyau de refoulement, avec culotte à la base, est vertical et aboutit à une bêche portée par une tour qui surmonte le bâtiment des machines.

La roue fait 9 tours à la minute ; elle élève 4^m,72 à la seconde. Le rendement est très défectueux. Les pompes fonctionnent mal et les clapets ont des rentrées d'air et des pertes d'eau ; des feuillages et des particules solides les arrêtent.

L'eau est donc refoulée à 18^m,65 au-dessus de l'axe de la roue, par une conduite de 0^m,25 de diamètre placée entre deux conduites égales : celle de trop-plein et celle de distribution. Celle-ci, après un parcours de 60 mètres sous le sol, se partage en sept branchements alimentant

46 bornes et 2 petits jets d'eau, le tout placé dans la partie basse de la ville.

Pendant la nuit, comme il n'y a pas de réservoir, le trop-plein fonctionne souvent, bien que les abonnés, du reste peu nombreux, fassent en ce moment leur provision pour le jour.

Dans la bêche du château d'eau, il existe deux plaques en zinc perforé que l'eau traverse avant de gagner la conduite de distribution.

Beaucoup de conduites ne sont qu'à 0^m,20 sous le sol et gèlent en hiver.

On a 36 litres seulement par tête et par jour pour 8 000 habitants dispersés. L'eau de la rivière est évidemment médiocre, non filtrée, contaminable. On étudie un projet d'amélioration.

Ussel. *Sources captées par des tuyaux en ciment.* — Sept sources sont captées dans de petits réservoirs et distribuées par sept réseaux distincts de tuyaux en ciment ou en poterie. Elles donnent en été 16 litres par tête et par jour. L'eau est rendue impure par les eaux superficielles en temps de pluie.

Argentat. *Eau de rivière, conduites en ciment non étanches (1884).* — Pour la ville proprement dite, rive droite de la Dordogne, on prend par un barrage l'eau du ruisseau de Theillet ; une conduite en ciment de 0^m,135 de diamètre, avec siphon dont la charge atteint 22 mètres, d'une longueur de 4 kilomètres, amène l'eau à un réservoir de 120 mètres cubes, d'où part la conduite de distribution en ciment qui alimente 16 bornes.

Pour le faubourg de la rive gauche, on a recueilli une source qui est aussi amenée et distribuée par tuyaux en ciment.

Par suite probablement de la variation de la température des eaux, les conduites en ciment se contractent en hiver, se dilatent en été ; d'où des fissures et des pertes pendant l'hiver qui s'atténuent en été.

Le service privé est insignifiant, bien que le volume disponible pour 1 990 habitants s'élève à 228 litres par tête.

La dépense d'établissement a été de 68 000 francs.

COTES-DU-NORD

Saint-Brieuc. *Captation de sources et eaux souterraines, conduite d'amenée en ciment (1895).* — La ville ne disposait jusqu'à présent que de quelques sources et de ses puits fort suspects ; en tout 30 litres par

tête et par jour. Elle vient d'exécuter, après concours, un projet dressé par M. Mazellier. On se propose d'amener par jour 3 000 mètres cubes, ou 35 litres par seconde, pour une population de 15 000 âmes susceptible de s'accroître.

On se propose de capter les eaux souterraines que renferme le bassin du Rillan et ses affluents, de 23 kilomètres carrés de superficie, appartenant pour moitié au granite et pour le reste au schiste, au grès et à la diorite; le terrain est à l'état de forêt, terre labourable, lande et prairie; sous 0^m,20 de terre, on trouve 0^m,90 d'argile, 1^m,45 de cailloux roulés dans l'argile, 1 mètre de sable granitique, 0^m,55 de granite divisé surmontant le granite compact.

Dans les parties schisteuses, les bancs de schiste se trouvent à 2^m,60; quant au schiste des plateaux, il est fendillé et spongieux et absorbe les pluies.

On a comparé le bassin du Rillan avec le bassin analogue que draine la ville de Rennes et qui donne 1^m,05 de débit par kilomètre carré et par seconde pour la nappe souterraine, tandis que le débit des eaux superficielles, d'après le jaugeage des rivières, est de 1^m,50.

Une expérience a montré que le rendement devait même être plus fort au Rillan, parce que le bassin est à une altitude plus élevée, reçoit plus d'eau et est moins sensible à l'évaporation.

La tranchée de captation, transversale à chaque vallon, est descendue jusqu'à la roche solide et y est encastrée; l'eau y est recueillie dans des dallots de 0^m,30 sur 0^m,30, recouverts de 0^m,25 de cailloux, recouverts eux-mêmes de 0^m,10 à 0^m,15 de gazons renversés pour empêcher l'accès des eaux superficielles. A ces captations se joignent quelques sources émergentes.

Les eaux sont réunies dans un puisard, et la conduite d'amenée y prend naissance à 0^m,70 au-dessus des conduites venant des sources. Une chambre de manœuvre couvre le puisard.

La conduite d'amenée, de 0^m,30 de diamètre, a une longueur de 17 060 mètres, dont 12 866 mètres de *conduite libre en ciment* avec pente de 0,0012 et 4 194 mètres de conduite forcée en fonte avec perte de charge de 0,0012, pouvant débiter 3 000 mètres cubes par jour.

La conduite libre est sinueuse en plan, car on a évité les fouilles de plus de 1^m,50, et on a contourné les vallons toutes les fois que l'allongement était seulement le double de la ligne droite.

L'examen comparatif des éléments de la dépense peut seul indiquer ce qu'il convient de faire dans chaque cas; mais, en principe, si la dépense n'est pas beaucoup plus forte, il faut préférer la conduite la plus courte, même lorsqu'on n'a pas à ménager la chute disponible.

Chaque siphon comporte une vanne de décharge et deux vannes de

tête ; il y a même une ventouse à un point haut ; la conduite en ciment est munie d'un regard tous les 200 mètres.

Les eaux arrivent dans un bassin souterrain de 3 000 mètres cubes en deux compartiments. Une conduite maîtresse de 0^m,45 alimente la distribution disposée en réseau maillé. Dépense prévue 900 000 francs.

Égouts. — Un réseau d'égouts de 8 500 mètres aboutit dans deux rivières et de là à la mer. Comme le tout à l'égout est pratiqué dans la ville, un lavage énergétique et continu est nécessaire.

Dinan. *Drainages.* — Les eaux provenant d'importants drainages sont emmagasinées dans deux bassins dont un à ciel ouvert ; elles sont de bonne qualité, mais un peu troubles par les pluies prolongées. — De ces deux bassins partent des conduites de distribution faisant un service de route et alimentant un réservoir en tôle établi dans la grande rue et desservant la ville proprement dite. On évalue à 80 000 francs les travaux de captation et à 200 000 francs les réservoirs.

Débit : 40 mètres cubes par jour en été, 200 en hiver. C'est bien peu pour une population de 8 000 habitants. L'État paye à la ville plus de 7 000 francs par an pour les quartiers de cavalerie, 0^{fr},20 le mètre cube.

Service public : 30 bornes. Pas de service privé.

Quintin. *Captation de sources (1874).* — On a capté deux sources qui coulaient dans une prairie voisine, alimentant un lavoir. On a établi, à leur emplacement, un réservoir couvert de 200 mètres cubes, fondé sur le sol granitique ; le trop-plein continue à alimenter le lavoir. Une conduite en fonte de 0^m,08, puis 0^m,05, alimente sept bornes fontaines.

Dépense : bassin voûté 8 355 francs, conduites 4 345 francs, bornes 1 000 francs, robinets 400 francs ; total 14 100 francs.

Débit : 80 mètres cubes en été, 120 en hiver pour 3 022 habitants. Ce qui fait en été 26 à 27 litres par tête et par jour. Il n'y a pas de service privé.

Paimpol. *Adduction de source (1878).* — Un tuyau en terre cuite, de 0^m,064 de diamètre, amène les eaux d'une source à 10 bornes-fontaines et à un réservoir de 180 mètres cubes. Débit : 50 à 80 mètres cubes pour 1 900 habitants, soit 26 litres par tête. Dépense : 36 000 francs. Recette : 300 francs, provenant surtout des navires.

Portrieux. Saint-Quay. *Adduction de source.* — Une source de bonne qualité, provenant d'un terrain sableux et granitique, arrive

par un tuyau en fonte de 750 mètres de long à un réservoir de 200 mètres cubes, d'où part la conduite de distribution alimentant 20 bornes. On considère la distribution comme parfaite, bien qu'il n'existe pas de service privé. Débit : 120 à 200 mètres cubes par jour pour 1 800 habitants en temps ordinaire, 4 500 en été. Dépense : 37 500 francs.

DORDOGNE

Périgueux. *Sources, machines hydrauliques, machines à vapeur* (1837-1889). — Il existe au Toulon, à 2 kilomètres du centre de la ville, deux sources marquant 22° à l'hydrotimètre, celle du Cluzeau qui donne 30 litres à la seconde et celle de l'Abîme qui donne 250 litres. Dès 1837 on utilisa celle-ci pour actionner une roue et une pompe qui élevait 7 litres à la seconde. Cette installation a été perfectionnée et complétée successivement, et voici sa consistance actuelle :

1° Deux machines à vapeur horizontales, à détente et à condensation, actionnent directement chacune une pompe horizontale à plongeur à double effet ; chacune peut élever 70 litres à la seconde par un tuyau de 0^m,40 à 60 mètres de hauteur ; effet utile de chacune en eau montée 56 chevaux ; consommation 1^{kg},300 de bon charbon par cheval-heure. Ces machines, qui peuvent fonctionner ensemble ou séparément, alimentent un réservoir de 6 000 mètres cubes dominant la ville et chargé du service des quartiers hauts ;

2° A 500 mètres en aval des sources, la ville a acheté le Moulin-Neuf sur l'Isle et y a installé deux turbines et deux pompes à double effet qui, fonctionnant ensemble, élèvent par un tuyau de 0^m,20 46 litres par seconde à 35 mètres de hauteur dans un petit réservoir d'où les eaux gagnent deux réservoirs de 1 800 et de 700 mètres cubes chargés d'alimenter les quartiers bas de la ville. Les turbines peuvent donc monter 4 000 mètres par jour, c'est-à-dire les deux tiers de la consommation.

La conduite de refoulement des machines à vapeur au grand réservoir est *alimentaire* sur son parcours ; ce système a été reconnu défectueux, probablement à cause de la grande hauteur d'élévation ; les variations de charge et les coups de bélier sont trop importants.

La distribution en deux étages est économique et évite des pressions excessives dans le réseau inférieur.

Le personnel comprend : un mécanicien et un aide avec deux chauff-

feurs pour les usines, un fontainier et deux ouvriers pour la distribution.

L'usine hydraulique donne 4 000 mètres par jour, l'usine à vapeur pourrait donner 6 000 mètres. En réalité, la consommation moyenne reste à 500 mètres.

Dépense annuelle d'exploitation : 36 900 francs.

Service public : 180 bornes-fontaines et 150 bouches pour 22 000 habitants desservis. Il y a 4 150 abonnés ; on a dû, pour réprimer un gaspillage excessif, imposer le compteur pour tous les usages non domestiques.

Égouts. En 1884, on a dépensé 451 000 francs pour installer 10 295 mètres d'égouts de trois types ovoïdes : 1^m,20 sur 2 mètres, 0^m,86 sur 1^m,58, 0^m,65 sur 1^m,05.

Il y a trois collecteurs desservant trois périmètres distincts et débouchant dans la rivière d'Isle.

Il y a 180 boîtes à sable avec obturateurs hydrauliques, qui empêchent l'entraînement du sable dans les égouts et l'échappement des gaz ; ces boîtes sont curées deux fois par semaine par une équipe de quatre ouvriers.

Thiviers. *Source, machine à vapeur* (1882). — Les sources au pied d'un coteau calcaire sont refoulées à 1 700 mètres de là, à 72 mètres de hauteur, dans un réservoir de 500 mètres.

Il y a deux machines à vapeur indépendantes pouvant élever chacune 35 mètres cubes à l'heure, soit 10 litres à la seconde. Service public : 20 bornes et 12 bouches pour 2 400 habitants. Dépense annuelle : mécanicien 1 200 francs, charbon et graissage 1 900, entretien 1 000 francs, fontainiers 900 francs. Volume disponible : 300 à 400 mètres cubes par jour.

Brantôme. *Sources.* — Deux sources sont amenées séparément par des tuyaux et alimentent l'une 8 et l'autre 3 bornes à écoulement continu. La dépense a été de 7 000 francs. On dispose de 1 728 mètres cubes par jour pour 1 500 habitants en temps ordinaire, et ce débit peut être réduit de moitié en temps de sécheresse. Il y a deux abonnements consentis moyennant une redevance de 100 francs pour 25 ans.

Nontron. *Sources* (1834). — Quatre sources sont captées par des conduites, dont 400 mètres en grès vernissé et le reste en fonte, et réunies dans un réservoir de 120 mètres cubes ; l'eau provient de sables granitiques et marque 7°. Le débit minimum est de 104 mètres cubes par jour pour 2 310 habitants, soit 45 litres par tête. Pas de service privé, 14 bornes-fontaines.

DOUBS

Besançon. Sources, adduction par la gravité (1847-1884). — La distribution d'eau de Besançon est une des plus complètes et des plus intéressantes. Nous en résumerons l'historique d'après les renseignements fournis par M. Jeannot, ingénieur municipal.

Les Romains avaient amené la source haute d'Arcier par un aqueduc détruit au v^e siècle ; en 1457, on dériva la Fontaine-Argent, 160 mètres cubes par jour ; en 1559, on lui substitua les eaux de Bregille, qui donnaient 10 à 12 litres par tête et par jour.

Aujourd'hui il y a des eaux de plusieurs provenances.

L'aqueduc d'Arcier (voir la coupe, fig. 8, pl. 20), projet exécuté par M. Mary, inspecteur général des Ponts et Chaussées, de 1847 à 1854,



Fig. 43.

prend les sources émergeant du calcaire à astartes, terrain jurassique supérieur ; ces sources sont attribuées à une faille de 20 kilomètres de longueur, se développant sur le versant ouest du Lomont et qui, à 300 mètres de la source haute, amène l'étage inférieur du jurassique en contact avec l'étage supérieur.

Les eaux d'Arcier, captées par une galerie de 130 mètres de long, sont amenées au réservoir A de la place du Palais par un aqueduc de 10 268 mètres de long, construit en moellons et mortier de chaux hydraulique avec enduit en ciment, suivant la rive gauche du Doubs,

traversant les contreforts en tunnels et traversant la gorge de Morre par un siphon formé de deux tuyaux en fonte de 0^m,40 logés dans une galerie.

L'aqueduc d'Arcier aboutit donc au réservoir A, de 2 216 mètres cubes de capacité, place du Palais. C'est un polygone octogonal allongé occupant un rectangle de 40 mètres sur 20 mètres, qui s'élève au-dessus du sol sur toutes ses faces et qui contient une hauteur de 5 mètres d'eau. Il est fondé sur une couche générale de béton formant voûtes d'arêtes porté par 60 piliers descendant jusqu'au rocher. Des piliers en prolongement de ceux-ci portent les voûtes du réservoir (*fig. 5 à 7, pl. 41*).

Le réservoir A communique, par une conduite maîtresse de distribution logée en galerie, avec le réservoir B de la place Griffon, enterré sous le sol de l'Esplanade. Capacité 3 310 mètres cubes.

Ces deux réservoirs, qui n'ont reçu aucune réparation depuis leur construction, alimentent toute la vieille ville basse.

L'aqueduc amène 201 litres par seconde, dont 74 sont employés au lavage des égouts. Pour 37 800 habitants desservis, cela donne 460 litres par tête et par jour. En ouvrant la vanne de tête près des sources, on pourrait donner 600 litres ; pendant l'extrême sécheresse de 1893, le débit est tombé à 102 litres par seconde.

L'aqueduc a coûté 900 000 francs, les deux réservoirs 180 000 francs.

L'eau d'Arcier ne peut, par suite de circonstances topographiques, arriver à la banlieue. En 1874, les eaux de la source Bregille M furent distribuées dans la zone basse des Chaprais au moyen d'une conduite en ciment qui s'est bien comportée jusqu'ici. A la même époque, on distribua les eaux N de la Fontaine-Argent dans la zone moyenne des Chaprais (267 à 280 mètres d'altitude), mais ce service est supprimé depuis 1889. En 1874, on avait installé au réservoir B une machine à vapeur élevant 14 litres par seconde à l'altitude 325 ; mais on supprima ce service en 1884, et on le remplaça par l'adduction des sources d'Aglans.

Ces sources, dont le débit en eaux moyennes est de 25 litres à la seconde, se trouvent à 11 kilomètres de la ville à 383 mètres d'altitude ; on les amène par une conduite en fonte de 0^m,20 dans deux réservoirs C et D. Comme la conduite traverse la basse ville, on y a ménagé 32 bouches à incendie, qui ont ainsi une charge d'environ 60 mètres.

Les eaux ont leur origine sur le plateau recouvert par la forêt d'Aglans ; elles traversent le terrain tertiaire de ce plateau et sont arrêtées par les marnes oxfordiennes ; elles sont très pures.

En somme, on dispose en eaux moyennes, avec les trois sources

d'Arcier, de Bregille et d'Aglans, de 635 litres à la seconde; et ce débit peut tomber à 121 litres en cas d'extrême sécheresse pour desservir 56 500 habitants.

Service public: 135 bouches à incendie, 97 bouches d'arrosage ouvertes deux fois par jour en été, 80 bornes-fontaines, 7 réservoirs de chasse, 18 jets ou poteaux de puisage, 2 lavoirs, 35 urinoirs, 2 cascades, 2 jets d'eau, 9 fontaines monumentales, 4 fontaines Wallace, 50 concessions gratuites pour établissements municipaux et militaires.

Service privé: 1 438 concessions. Ci-joint le graphique des recettes. Les sources marquent 25 à 26° à l'hydrotimètre, le Doubs 20°; elles renferment 0^{gr},244 de résidu sec, dont 0^{gr},122 de chaux.

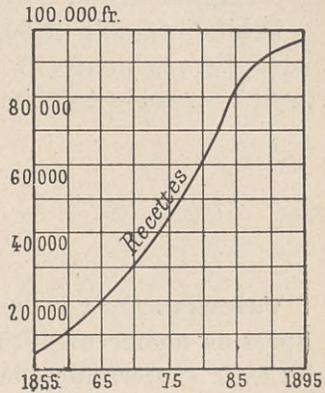


Fig. 44.

Égouts. — La plus grande partie des rues est pourvue d'égouts. Malheureusement ils ont été construits sans vue d'ensemble et gagnent le Doubs par le plus court chemin, de sorte qu'en temps de pluie le courant est immédiatement troublé et souillé. De plus, en temps de crue, les hautes eaux de la rivière refluent par les égouts et inondent des rues et des caves qui, autrefois, restaient indemnes. M. Jeannot a dressé le projet d'un collecteur interceptant l'écoulement actuel dans le Doubs et conduisant les eaux en aval du barrage de Tarragnoz; on mettra ainsi la basse ville à l'abri du reflux des crues.

Montbéliard. *Source, machine à vapeur* (1886). — La source du Parc est amenée par une conduite en fonte de 0^m,40 et de 1 850 mètres de long dans un puisard de 40 mètres cubes, où les prend une pompe Giffard mue par une machine de 8 chevaux qui les refoule dans un réservoir de 1 650 mètres cubes dominant de 19 mètres le niveau moyen de la ville. Réseau de distribution en fonte avec joints ordinaires. Débit: 1 000 à 2 000 mètres cubes par jour pour 9 860 habitants. Dépense, entretien et réparation 2 100 francs, mécanicien 1 500 francs, charbon 700 francs. Service public: 54 bornes, 40 bouches d'arrosage. Service privé: 200 abonnements.

Étupes. *Adduction de sources* (1887). — Une source, située à 7 mètres au-dessus du niveau moyen du village, est amenée par une conduite en poterie de 900 mètres de long et de 0^m,10 à 0^m,054 de

diamètre ; une autre source, à 25 mètres au-dessus du niveau moyen, est amenée par une conduite en fonte de 2 000 mètres de long et de 0^m,10 à 0^m,06 de diamètre.

Service public : 10 fontaines à jet continu, 5 bornes, 2 lavoirs, 3 bouches d'arrosage, établissements publics.

Débit disponible : 1 000 à 1 700 mètres cubes par jour pour 887 habitants. Service privé : 27 abonnements à 3 francs par an ; ce prix donne droit à un robinet débitant 5 litres par minute.

DROME

Valence. *Eaux souterraines, adduction par la gravité* (1856). — Après de nombreuses études, on résolut de recueillir dans des galeries les eaux souterraines de la vaste plaine qui s'étend entre Valence et Chabeuil. Il y a 6 815 mètres de ces galeries perméables ouvertes dans le tuf et le gravier, suivies de 5 600 mètres de galerie étanche, amenant les eaux à un réservoir de 80 mètres cubes d'où elles sont réparties en ville par quatre conduites principales.

Bien que l'on ait constaté un débit par seconde de 128 litres au maximum et de 25 litres au minimum, donnant pour 22 500 habitants 490 litres et 97 litres par tête et par jour, une disette se produit en temps de sécheresse par suite du gaspillage qui se pratique dans les établissements publics et dans les concessions privées à robinet libre. Le compteur paraît être le seul remède. En attendant, on a dû acquérir en temps de sécheresse 30 litres d'eau par seconde à la Société des Eaux de Saint-Didier. Les dépenses annuelles, 25 000 francs, semblent très élevées.

Service public : 189 bornes, une fontaine monumentale, 310 bouches d'arrosage, 2 jets d'eau, urinoirs, édifices communaux, scolaires et militaires.

Service privé : 384 concessions payantes, dans 762 immeubles, alors que la ville compte 2 644 maisons. Le service et les ressources sont donc à développer.

Égouts. — Il y a 10 kilomètres d'égouts, dont un collecteur qui a 1^m,30 de large et 2^m,30 sous clef et qui débouche directement au Rhône.

Chabeuil. *Galeries souterraines* (1885). — Six cents mètres de galeries, établies dans le gravier sous un chemin vicinal, amènent les eaux qu'elles recueillent dans une conduite forcée en ciment de 0^m,26. Les conduites de distribution sont en ciment.

Tain. *Galeries souterraines* (1859). — Des galeries souterraines ont été établies sous un chemin à 2 kilomètres de la ville, sur une longueur de 80 mètres, pour recueillir des eaux abondantes qu'on voyait sourdre à la surface. Débit variant de 1 500 à 1 700 mètres cubes par jour pour 3 000 habitants. Service public assuré par des bornes. Malheureusement la ville a exécuté le travail en association avec des particuliers et le traité lui est très onéreux. Il y a un certain nombre de propriétaires ayant droit à des concessions à perpétuité. On vend l'eau aux autres propriétaires à raison de 10 francs par an pour une ligne (600 litres par 24 heures).

Les propriétaires associés ont concouru à la dépense pour 28 215 francs et ont droit à 1 782 hectolitres par jour; la ville, qui a complété la dépense de 70 000 francs, a droit au reste. On voit à quelles difficultés peut donner lieu une convention de ce genre.

Bourg-de-Péage. *Adduction d'eaux souterraines, conduites en ciment* (1845-1888). — Deux adductions d'eaux souterraines sont pratiquées à l'aide de conduites en ciment aboutissant à deux réservoirs. Il y a aussi 6 000 mètres de conduites en ciment qui ont donné de bons résultats pour la distribution. Pour l'une des adductions, la ville a acheté 1 000 mètres cubes par vingt-quatre heures d'un propriétaire qui garantit le débit pendant 15 ans et qui a reçu 54 000 francs. Recette annuelle 4.500 francs pour 4 400 habitants. On dispose environ de 1 600 mètres par vingt-quatre heures en temps moyen.

Une partie des eaux de la première adduction a été vendue aux enchères en 1852, au prix d'environ 1 000 francs le pouce de fontainier, 13 litres à la minute; la vente s'est faite par fractions de pouce. On comprend tous les dangers d'une pareille vente.

Bourg-lès-Valence. *Adduction de sources* (1855). — Les sources, à 600 mètres de l'agglomération, recueillies dans deux galeries, alimentent deux réservoirs, d'où part le réseau de distribution. L'eau, quoique calcaire, est de bonne qualité, et les habitants de Valence viennent s'en approvisionner. Service public: une borne tous les 50 à 60 mètres. On accuse un débit constant de 3 500 mètres cubes par jour, ce qui serait énorme pour 2 500 habitants, 1 400 litres par tête. Ce chiffre doit être exagéré. Produit annuel: 2 471 francs.

Romans. *Captation d'eaux souterraines.* — Romans est alimenté par des eaux captées au moyen de galeries creusées dans la marne à diverses époques.

La ville basse reçoit même directement le produit de huit sources locales donnant sans pression 3 070 mètres cubes par jour.

Un puits artésien alimente sept fontaines jaillissantes. En 1848 on a capté les eaux de Mours à l'aide d'une galerie terminée par un bassin de décantation d'où part une conduite en ciment de 0^m,15 de diamètre, de 2 900 mètres de long, enveloppée de béton et débitant 500 mètres cubes par jour ; elle aboutit à un réservoir de 200 mètres. Cette captation a été fort augmentée depuis.

On a éprouvé des mécomptes et des accidents dans le forage de certains puits et dans l'établissement de quelques galeries. Néanmoins la quantité d'eau disponible est considérable, mais la pression fait défaut.

Service public très étendu : fontaines à écoulement continu, lavoirs, abreuvoirs, bornes, bouches d'arrosage, eau gratuite aux établissements municipaux et aux casernes. En tout, 850 mètres cubes environ par jour pour le service public, 35 mètres à des concessions gratuites, 630 mètres pour 580 abonnés.

Les concessions se font au robinet de jauge ; la ville avait voulu imposer le compteur, mais elle y a renoncé devant les réclamations.

Die. *Adduction de source, conduite en ciment (1859).* — La source de Rays, qui prend naissance à 850 mètres d'altitude, sur le flanc du mont Glandaz (2 000 mètres), bonne, quoique un peu calcaire, température 11°, est amenée par une conduite en ciment de 0^m,16 de diamètre et de 7 kilomètres de long.

Il n'y a pas de réservoir régulateur, de sorte qu'à certaines heures de grande consommation l'eau n'arrive pas aux parties hautes de la ville ni aux étages supérieurs des maisons.

Un jugement a fixé à 12 litres par seconde le débit que peut prendre la ville.

Service public très large : 18 fontaines à jet continu, 20 bornes, 6 lavoirs.

Puy-Saint-Martin. *Source, tuyaux en terre cuite.* — Cette petite commune de 100 habitants a amené, pour 3 300 francs, par une conduite de 0^m,05 de 1 015 mètres de long, une source débitant 8 640 litres par jour à quatre fontaines publiques, 43 litres par tête.

Crest. *Eau de rivière.* — On a exécuté à l'amont de la ville un barrage sur rivière, barrage avec galerie interne reliée par un tuyau en ciment à un citerneau d'où part la conduite d'amenée dont la partie ancienne est en ciment et la nouvelle en fonte. Il n'y a pas de

réservoir, d'où des interruptions dans la distribution ; il n'y a pas de filtre et les eaux sont souvent troubles. Service public : 52 bornes-fontaines, 5 lavoirs, 10 bouches. On étudie les mesures à adopter pour filtrer ou tout au moins pour décanter les eaux.

On amène 2 000 mètres par jour pour 5 500 habitants, soit 360 litres par tête. Les abonnements produisent 1 650 francs.

Saillans. *Sources.* — Des eaux de sources sont amenées par des conduites en maçonnerie et ciment. 1 000 mètres cubes par jour pour 1 400 habitants ; 2 fontaines monumentales à 3 bouches, 10 bornes, 27 abonnements à 10 francs. Adduction remontant à 1 725.

Montélimar. *Sources, conduites en ciment (1870-1891).* — 1° Les eaux de la Bâtie-Rolland, distance 9 kilomètres, sont amenées par une conduite en ciment de 0^m,30 ; la charge en siphon atteint 30 mètres. Il n'en est résulté aucun inconvénient ; la conduite pouvait débiter 45 litres à la seconde, mais le débit tombait de moitié et devenait insuffisant en sécheresse ; 2° Aussi a-t-on capté les eaux de la Laupie par une galerie de 400 mètres précédée d'un drain dallé de 200 mètres ; elles sont amenées par une conduite de 0^m,40 de diamètre, en ciment sur 7 500 mètres, en fonte sur 1 000 mètres ; la charge atteint 16^m,50 dans la conduite en ciment et 25 mètres dans la conduite en fonte. La conduite a des ventouses aux points hauts et quelques regards brise-charge. Elle aboutit à un réservoir de 670 mètres cubes établi en souterrain sous le plateau dominant la ville. La conduite de distribution, en ciment, partant de ce réservoir, se réunit à celle des eaux de la Bâtie, ce qui n'a pas d'inconvénients, la charge étant la même des deux côtés au point de raccord.

Tout le réseau des conduites est en béton de ciment.

Service public : 52 bornes, 30 bouches, 2 abreuvoirs, 2 fontaines monumentales, jet d'eau dans le jardin public.

Égouts. — Les eaux sont recueillies dans un réseau d'égouts et sont utilisées pour l'irrigation à la sortie de la ville.

Le Buis-les-Baronnies. *Source, tuyaux en poterie.* — La source, dite fontaine d'Annibal, est amenée par une conduite de 0^m,20 en poterie de 3 kilomètres. Un siphon en fonte est établi à la traversée de la vallée et de la rivière d'Ouvèze.

Dieulefit. *Sources, conduite en ciment (1891).* — Les eaux sont amenées par une conduite libre en béton de ciment, siphon en fonte pour la vallée de Jabrun. Longueur de la source au réservoir : 2 kilomètres. Dépense 60 000 francs ; débit 1 400 mètres cubes par jour.

en temps ordinaire, 200 mètres cubes en sécheresse pour 3 000 habitants; recette : 2 000 francs.

Nyons. *Galerie de captation.* — Une galerie de captation de 400 mètres est établie dans le lit du torrent de Sauves à 8 mètres de profondeur; les eaux passent dans une galerie maçonnée, couverte en dalles, de 500 mètres de longueur à une profondeur de 5 mètres. Cette galerie alimente des tuyaux en poterie de 0^m,30 à 0^m,40, réseau de 2 kilomètres.

Débit 100 à 150 mètres par jour pour 2 000 habitants.

Dépense d'établissement 38 000 francs, d'exploitation 500 francs; recettes, 2 800 francs. Service public : 12 bornes, une fontaine monumentale, 4 lavoirs. Le service privé souffre en temps de sécheresse.

EURE

Évreux. *Nappe souterraine, galerie de captage, machines à vapeur* (1880). — La prise d'eau se fait dans la nappe souterraine, d'excellente qualité, qui imprègne les graviers de la vallée de l'Iton. On a établi dans le gravier une galerie maçonnée à barbacanes, fondée sur la marne et aboutissant à une chambre de puisage voûtée qui reçoit les crépines des pompes. Prise d'eau à l'altitude 62 mètres, réservoirs à 131. Il y a deux machines à vapeur semblables de 40 chevaux de puissance indiquée, 30 à 32 de puissance réelle en eau montée, consommant 1^{kg},20 par cheval-heure, actionnant deux pompes différentielles à piston plongeur, système Badois, dont le rendement en volume a atteint 99 0/0.

La conduite de refoulement est en même temps *distributrice*; elle se soude à une conduite médiane qui réunit deux réservoirs de 1 000 mètres cubes chacun, placés aux deux extrémités de la ville. Ce système a donné de bons résultats, une pression régulière, sans coups de bélier; les fuites accidentelles sont très rares. Il est donc compatible avec un bon service, contrairement à ce qu'on a allégué ailleurs.

Dans ces dernières années, la nappe souterraine qui marque 18° à l'hydrotimètre a beaucoup perdu de sa puissance; on a même accusé de cette perte la dérivation de l'Avre supérieure, affluent de l'Iton, exécutée par la ville de Paris. Aussi a-t-il fallu, en période de sécheresse, emprunter une partie de l'eau d'alimentation de la ville à la rivière

même ; on le fait avec beaucoup de précautions, et un examen journalier des eaux permet d'en contrôler la pureté.

Les travaux ont été faits par la ville, à l'aide d'un legs de M^{me} Jules Janin ; ils ont coûté 520 000 francs dont voici le détail : galerie de captation et puisards 30 000, 2 réservoirs 50 000, bâtiment de l'usine 55 000, 2 générateurs 15 000, 2 machines à vapeur 48 000, 2 pompes 10 000, tuyauterie et montage des machines 10 000, fourneaux et cheminée 10 000, fontaine monumentale 30 000, jet d'eau et cascade 10 000, canalisation 16 kilomètres de conduites de 300 à 60 millimètres : 220 000 francs, robinets et regards 15 000, 50 bouches d'arrosage 7 000, 30 bornes-fontaines, 10 000.

L'exploitation a été concédée pour 40 ans à M. Badois ; il donne à la ville 500 mètres cubes d'eau par jour et chaque mètre cube de supplément est payé 0^{fr},07 ; il a la charge de l'exploitation et de l'entretien, le privilège de la construction des branchements particuliers à un tarif fixé ; il touche le produit des abonnements jusqu'à 15 000 francs et, au delà, partage par moitié avec la ville.

Chaque groupe de machines peut élever 2 880 mètres cubes d'eau par vingt-quatre heures, volume mesuré aux réservoirs.

Il existe maintenant : 38 bornes, 78 bouches, 2 fontaines en fonte et 1 fontaine monumentale ; près des réservoirs il y a des fontaines marchandes où l'on vend l'eau aux habitants de la banlieue ou autres.

La combinaison adoptée n'a pas donné de mécomptes ; le concessionnaire ne court pas lui-même un grand risque. Le produit va croissant. Le compteur se généralise.

L'obligation de recourir en été à l'eau de la rivière est regrettable ; on cherche à y échapper.

Louvièrs. *Nappe souterraine, machines à vapeur, conduites en ciment* (1880). — L'eau provient d'une bonne nappe souterraine, rencontrée à proximité d'un bras dérivé de l'Eure, à 7 mètres au-dessous de cette rivière. Elle est refoulée par un tuyau de 0^m,27, de 150 mètres de long à une hauteur de 21 mètres dans un réservoir de 1 200 mètres. Il y a deux systèmes de machines de 15 chevaux chacun.

La canalisation, faite à l'origine en tuyaux de ciment moulés sur place, a donné lieu à des fuites nombreuses, qui s'accroissent en hiver ; elle n'a pas été exécutée avec des soins suffisants en vue de la dilatation ; on la remplace progressivement par des tuyaux en fonte.

Dépense annuelle : 22 000 francs, dont un mécanicien 2 000 francs, un fontainier 1 800, un comptable 1 000 francs, charbon 10 000 francs.

Les recettes ont été : 12 700 francs en 1880, 14 400 en 1885, 17 400

en 1890, 19 000 francs en 1894. Service public : 45 bornes-fontaines. La consommation par tête est considérable à cause des pertes.

Bernay. *Sources, machines hydrauliques* (1864). — Une roue de côté, installée sur le Cosnier, refoule l'eau de sources voisines à 350 mètres de là dans un réservoir de 500 mètres cubes. La hauteur de refoulement est d'environ 17 mètres, et le réservoir domine de 19 mètres le niveau moyen de la ville. La distribution est en tuyaux Chameroy. Jusqu'à présent, le système adopté n'a donné lieu à aucun inconvénient. L'usine est un ancien moulin acheté par la ville. Beaucoup d'habitants se servent encore de puits et de petites sources sortant au pied du coteau.

Vernon. *Captation par galeries souterraines, adduction par la gravité* (1884). — Des galeries souterraines captent d'excellentes eaux que l'on recueille dans deux réservoirs de 1 200 mètres chacun, à l'altitude 70 mètres alors que la ville est dans la vallée de la Seine. Il y a un fontainier à 1 800 francs. Les recettes ont été : 3 700 francs en 1885, 11 000 francs en 1890, 15 000 en 1894, elles croissent de 1 000 francs par an. Service public : 27 bornes, 21 bouches.

Gaillon. *Source dans la ville même.* — Une source, débitant 20 litres à la seconde, sort dans Gaillon même, sous une route; elle forme une grotte de 1 mètre sur 0^m,70 en plan, qui communique avec une canalisation comprenant un dallot sur 270 mètres, une conduite en grès sur 72 mètres, un tuyau en fonte de 0^m,12 sur 700 mètres. Il n'y a que 1 000 habitants sur 3 000 qui en profitent. Il serait facile de l'élever et d'établir une excellente distribution. La première partie de la conduite remonte au xvi^e siècle.

Conches. *Sources, béliers hydrauliques* (1815), *puis machine à vapeur* (1865) *et machine à gaz* (1894). — Une source de bonne qualité fut élevée dans la ville en 1815 avec deux béliers hydrauliques installés par Montgolfier. En 1845, l'abus des concessions privées gratuites avait annihilé le service public. En 1865, on installa une machine à vapeur qui devint aussi insuffisante et fut remplacée, en 1894, par un moteur à gaz système Niel, de 12 chevaux. Il refoule l'eau dans 3 réservoirs, contenant ensemble 1 200 mètres cubes, reliés à l'usine élévatoire par des avertisseurs électriques. La dépense successive s'est élevée à 140 000 francs.

L'élévation de l'eau est affermée pour vingt-sept ans à la Compagnie

du Gaz, qui s'engage à fournir 50 000 mètres cubes par an à 0^{fr},06 le mètre cube rendu dans les réservoirs.

La dépense annuelle est donc de 3 000 francs ; la ville entretient la distribution et perçoit les abonnements, qui s'élèvent à 700 francs.

Le débit est de 120 à 150 mètres cubes par jour pour 4 680 habitants.

Saint-André-de-l'Eure. *Puits, moteur à vent.* — Un puits de 25 mètres a été creusé à 3 kilomètres de la ville. L'eau est élevée par une éolienne Bollée dans deux réservoirs en maçonnerie de 300 et 200 mètres cubes, d'où elle descend en ville par une conduite de 0^m,068 enterrée de 0^m,80 et se répartit entre 20 bornes-fontaines. Il y a eu des ruptures pendant les gelées. Dépense 59 000 francs. Une allocation de 200 francs est accordée à un ouvrier pour la surveillance.

De 1892 jusqu'à ce jour, le moteur a donné des résultats très satisfaisants. Il n'y a pas eu d'arrêt. Il est vrai que la consommation moyenne n'a pas dépassé 15 mètres cubes par jour, c'est-à-dire la fraction 0,03 du cube des réservoirs.

Compagnie des Eaux du Vexin, desservant les Andelys, Gisors et environ cinquante communes rurales (1880). *Eau de Seine, machines élévatoires.* — Cette affaire, créée par une spéculation folle, remonte à 1880 ; mal conduite et mal étudiée, elle a sombré et a été rachetée à vil prix par la Compagnie Gaz et Eaux, qui l'a transformée en une bonne affaire. Elle est très intéressante puisqu'elle dessert des communes situées dans un carré de 30 kilomètres de côté.

Un arrêté préfectoral de 1880 a autorisé la Compagnie à pratiquer sur la rive droite de la Seine une prise d'eau de 60 litres par seconde, moyennant un droit annuel de 518^{fr},40, calculé à raison de 0^{fr},10 pour chaque mètre cube par jour. Il y a deux machines à vapeur à détente et condensation de 45 chevaux chacune, destinées à marcher séparément.

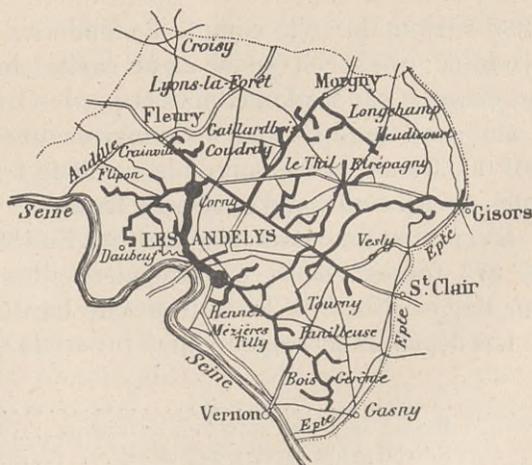


Fig. 45.

Chacune actionne : 1^o une pompe verticale nourricière élevant l'eau dans une bêche en maçonnerie de 6^m,50 sur 2^m,40 en plan qui

contient les filtres; 2° une pompe horizontale Girard à double effet faisant 30 à 32 tours à la minute. Il y a deux générateurs distincts et une cheminée de 70 mètres.

Chaque bache renferme six boîtes-filtres en tôle ayant 1 mètre de hauteur et 1 mètre sur 0^m,50 en plan; les deux faces latérales de chaque boîte sont perforées, ce qui fait 12 mètres carrés de surface filtrante. Les boîtes sont remplies de cailloux et d'éponges; par une tubulure elles communiquent à leur base avec le tuyau d'aspiration des grandes pompes. Ces filtres à grand débit, devant fournir 76 mètres cubes à l'heure, quantité d'eau élevée par une pompe, ne peuvent évidemment être efficaces que pour des eaux simplement louches et doivent exiger un nettoyage presque quotidien.

Les machines refoulent dans deux réservoirs de 800 mètres cubes chacun placés sur le plateau: le refoulement manométrique est de 155 mètres pour l'un, 160 mètres pour l'autre, et la conduite de refoulement a 0^m,25 de diamètre.

Chaque réservoir comprend deux cuves en tôle de 17^m,30 de diamètre et 4 mètres de haut, de 400 mètres de capacité; ces cuves à fond plat portent sur des fers à plancher et sur 7 murettes en briques de 3 mètres de haut et de 0^m,45 d'épaisseur. L'ensemble est logé dans une construction en pans de bois et briques, couverte en tuile.

Comme le montre l'extrait de carte, l'eau élevée dans les deux réservoirs dominant la vallée de la Seine se répand dans toutes les communes du plateau jusqu'à Gisors.

Il y a 180 kilomètres de canalisation. L'affaire avait été lancée en 1880 surtout pour le compte de fonderies qui avaient à placer leurs produits: une société se forma au capital de trois millions, et le capital fut absorbé par les fondateurs et par les travaux.

On avait indiqué aux actionnaires une recette brute probable de 461 000 francs, provenant de la vente de 1 400 mètres cubes d'eau par jour, au prix moyen d'environ 1 franc.

L'exploitation commença en 1882. En 1883, les recettes s'élevèrent à 47 277 francs, encore comprenaient-elles 10 000 francs de bénéfice sur l'appareillage et 3 500 francs de location d'appareils.

Les dépenses correspondantes furent de 96 342 francs, savoir:

Charbon.....	6 374 fr.
Main-d'œuvre et entretien de l'usine.....	10 151
Entretien du service extérieur.....	2 637
Service des lavoirs.....	6 524
Service des fontaines marchandes.....	1 211
Surveillance.....	13 200
Chevaux et voitures.....	6 440
Frais généraux.....	50 000 fr.

Malgré la majoration évidente des dépenses, on pouvait donc espérer à grand'peine équilibrer les recettes et les dépenses.

La Compagnie dut liquider ; l'affaire fut mise en vente et rachetée pour 100 000 francs par la Compagnie Gaz et Eaux, qui l'exploite aujourd'hui et qui en tire profit puisqu'elle l'a pour ainsi dire prise sans capital.

Par son cahier des charges avec les communes, la Compagnie s'engage à fournir l'eau exclusivement au compteur. Le prix est de 0^{fr},06 l'hectolitre pour 1 à 10 hectolitres par jour, avec minimum d'un hectolitre ; au-dessus de 1 mètre cube par jour, le prix s'abaisse progressivement de 0^{fr},55 le mètre cube pour 2 mètres par jour à 0^{fr},30 pour 20 mètres par jour. A chaque abonnement s'ajoute 1 franc pour le compteur. Les branchements sont aux frais de l'abonné, mais exécutés par la Compagnie sur un tarif approuvé.

Fontaines marchandes. — Dans les villages l'eau est vendue au public à des fontaines, sans que les municipalités puissent exiger plus d'une fontaine par 50 feux ou 200 habitants. L'eau est vendue à ces fontaines 0^{fr},05 le double décalitre, ce qui fait 2^{fr},50 le mètre cube ; mais il est vendu des cachets au prix de 1 franc les 25 et 3 francs les 100.

Lavoirs. — L'emplacement des lavoirs est fourni gratuitement par la commune ; une place est payée pour la matinée ou pour l'après-midi 0^{fr},15, pour la journée 0^{fr},25.

La concession dans chaque commune est faite pour 80 ans. Il y avait à l'origine 53 communes à desservir, y compris les deux villes des Andelys et de Gisors.

Un directeur est à la tête du service ; il a sous ses ordres des chefs de section qui font de fréquentes tournées, tant pour régler l'exploitation que pour surveiller les conduites qui exigent de fréquentes réparations, étant soumises en de certains points à de fortes pressions. La canalisation est en tuyaux Petit avec joints en caoutchouc.

Il eût été très intéressant d'obtenir des renseignements précis sur le fonctionnement de cette entreprise qui dessert une région étendue ; malheureusement nous n'avons pu les obtenir. Nous croyons que le bénéfice net annuel s'élève à une quarantaine de mille francs par an.

Une circonstance doit s'opposer au développement des abonnements, c'est la dépense relativement considérable que doit entraîner l'exécution des branchements. Pour réussir, une entreprise de ce genre devrait, pour ainsi dire, amener l'eau à la porte des usagers.

EURE-ET-LOIR

Chartres. *Eau de l'Eure, machines à vapeur* (1875). — Un canal de 100 mètres amène les eaux de l'Eure, prises à l'amont de la ville, au puisard des machines ; il y a deux machines à vapeur de 20 chevaux chacune, avec 2 générateurs de 30 chevaux, force nominale ; chaque machine, à détente et condensation, actionne deux pompes horizontales à double effet. Les machines faisant 48 tours à la minute, un engrenage réducteur n'en fait faire que 18 aux pompes ; chaque machine peut élever 95 mètres cubes à l'heure.

En hiver, une machine suffit avec un mécanicien et un chauffeur ; en été, les deux machines marchent avec un mécanicien et deux chauffeurs. La hauteur du refoulement est 24^m,50.

La conduite de refoulement de 0^m,30 aboutit à deux cuves de 7 ,60 de diamètre et de 5 mètres de hauteur, d'une capacité totale de 445 mètres, logées au point culminant de la ville.

En 1884, on a établi près du lycée une autre cuve de 9 mètres de diamètre et de 5^m,25 de haut, tenant 325 mètres ; le plan d'eau y est au même niveau que dans les autres cuves qui alimentent la troisième par une conduite de 0^m,25, chargée en même temps d'un service de distribution.

Service public : 50 bornes, 91 bouches diverses.

Service privé : 830 abonnements au compteur, 136 concessions libres, 74 jaugées.

La canalisation ramifiée actuelle est insuffisante ; un projet d'amélioration s'élevant à 275 000 francs est en cours d'exécution. On se préoccupe également de ne plus prendre les eaux en rivière, ou de les épurer.

En 1894, la dépense a été de 26 015 francs, dont 19 140 francs de combustible, 4 250 francs de personnel.

Les recettes ont augmenté de 10 000 francs de 1885 à 1893.

Dreux. *Source, machine hydraulique, machine à vapeur.* — L'eau provient d'une source située sur la rive droite de la Blaise à 1 800 mètres à l'amont de la ville.

Elle est refoulée dans les réservoirs par une conduite de 0^m,25, de 2 900 mètres de long, qui est en même temps conduite d'alimentation.

Un moteur hydraulique actionne les pompes ; il y a pour la sécheresse un moteur à vapeur de secours, qui fonctionne mal et qu'on se

propose de remplacer par 3 moteurs à gaz de 20 chevaux chaque, dépense évaluée 30 000 à 40 000 francs.

Dépense annuelle 8 000 francs. Il y a 643 abonnés, sur 9 500 habitants ; la recette s'est élevée à 27 400 francs en 1894.

Châteaudun. *Source, roue hydraulique, machine à vapeur de secours* (1855). — Une source sort au pied du coteau qui porte la ville à 50 mètres du Loir. Elle est amenée par une buse en béton de 0^m,25 de diamètre, de 250 mètres de long, à joints bien étanches, au puisard des pompes. La ville a acheté un moulin dont la roue fait mouvoir la pompe élévatoire ; il y a une machine à vapeur de secours avec sa pompe spéciale. Conduite de refoulement en fonte de 0^m,162 de diamètre, 400 mètres de long, différence d'altitude 52 mètres.

Le réservoir est une cuve en tôle de 400 mètres cubes à ciel ouvert ; malgré le renouvellement de l'eau, il se développe des végétations exigeant de fréquents nettoyages.

Le réseau de distribution est *ramifié* et donne lieu à des interruptions de service fort désagréables.

Les anciennes conduites étaient toutes en *tuyaux Chameroy* ; celles d'un diamètre supérieur à 0^m,40 ont bien résisté, il a fallu remplacer les petites par des tuyaux en fonte, avec joints en caoutchouc.

Dépense : 1 mécanicien 1 200 francs, un aide 400, charbon et accessoires 2 000, entretien 5 000.

Recettes : 7 500 en 1880, 10 600 en 1885, 11 150 en 1890, 11 300 en 1893.

Service public : 40 bornes-fontaines ; on estime que c'est trop, qu'une vingtaine auraient suffi et que le produit des abonnements s'en ressent. Cependant ce produit est assez élevé pour 4 500 habitants.

Nogent-le-Rotrou. *Adduction de sources* (1889). — Une ancienne dérivation de rivière ne sert plus qu'à l'arrosage ; une petite source, amenée dans une cuve en tôle de 25 mètres cubes, dessert l'abattoir, un faubourg et un lavoir. Mais le reste de la ville et la gare sont desservis par des sources captées, à 8^{km},200 à l'est de la ville, à 50 mètres en contre-bas du plateau, dans un calcaire fendillé. A l'emplacement des sources, à 1^m,30 en contrebas de leur niveau primitif, on a logé dans des tranchées des aqueducs de 0^m,40 sur 0^m,40, percés de barbacanes à l'amont, garnis d'une pierrée de 0^m,50, le tout recouvert d'un corroi d'argile. Les eaux réunies dans une chambre de décantation s'échappent par 12 petits tuyaux de jauge ; on peut ainsi relever et on pourrait même enregistrer le débit. La conduite de dérivation forme trois siphons : diamètre 0^m,135 sur 1 795 mètres, 0^m,175 sur 2 725 mètres,

0^m,125 sur 1 995 ; le tout calculé pour débiter 11 litres à la seconde ; regards en maçonnerie, robinets de décharge, ventouse. Chute totale jusqu'au réservoir environ 56 mètres. Réservoir de 1 000 mètres cubes à deux compartiments, enterré dans le sol, couvert en voûtelettes supportées par des fers à double T.

Conduite maîtresse de distribution calculée pour un débit de 36 litres à la seconde. Réseau maillé, à circuit continu. La pression atteint jusqu'à 60 mètres, sans qu'on ait constaté d'accident depuis 1886. Tuyaux en fonte avec joints ordinaires à cordon et emboîtement.

Service public : 26 bornes pour 7 000 habitants, nombre considéré comme trop fort et susceptible de nuire aux abonnements. 361 abonnements, dont 311 à robinet libre.

La recette a baissé de près de 5 000 francs en 1894, la Compagnie de l'Ouest ayant cessé de prendre l'eau de la ville pour alimenter ses machines.

La Loupe. *Source, machine à gaz* (1891). — La distribution d'eau à été concédée à la Compagnie du gaz ; il n'y a pas de service public sauf pour les lavoirs et pour l'arrosage.

Une source, marquant 11° à l'hydrotimètre, 0^{sr},152 de résidu solide par litre, est recueillie dans une chambre carrée en maçonnerie et refoulée, à 1 500 mètres de l'usine, dans un réservoir formé de deux cuves en tôle de chacune 70 mètres cubes, diamètre 6 mètres, hauteur 2^m,50 ; support de 7 mètres de haut en maçonnerie de moellons ordinaires. Les cuves sont enfermées dans une enveloppe en planches avec toiture en ardoises.

La conduite de refoulement est en même temps conduite d'alimentation et l'excès seul se rend au réservoir régulateur.

Une pompe à deux corps, de 0^m,20 de diamètre et de 0^m,335 de course, peut élever 16 à 20 mètres cubes à l'heure. Elle est actionnée par un moteur Otto de 6 chevaux, faisant 160 tours à la minute ; la vitesse est réduite par poulies et courroies à 26 tours pour la pompe.

Les tuyaux d'eau et de gaz, en plomb avec joints Lavril, sont logés dans les mêmes tranchées.

La commune garantit à la Compagnie un intérêt de 4 0/0 de son capital, tous frais déduits, et ce qui dépasse 4 0/0 est consacré à l'amortissement. La concession prend fin après l'amortissement du capital.

Un pareil système paraît au moins aussi lourd que la gestion directe et susceptible de soulever de nombreuses difficultés.

Débit : 384 mètres cubes par jour pour 1 400 habitants. Il y a déjà 95 abonnés dont 40 au compteur.

Brou. *Puits artésien, machine à vapeur* (1895). — Au fond d'un puits ordinaire de 14 mètres on a pratiqué un forage jusqu'à 165 mètres; l'eau remonte jusqu'à 10 mètres au-dessous du sol, on prend 4 litres à la seconde. L'eau marque 16°,5 et renferme 0^{gr},270 de résidu solide. Elle est aspirée par une pompe à deux corps à pistons plongeurs qu'actionne une machine demi-fixe de 6 chevaux.

Le réservoir est composé de deux cuves en tôle de 150 mètres portées sur deux tours adhérentes en maçonnerie, de 8 mètres de hauteur.

La commune a 1 900 habitants; à 80 litres par tête, elle consommera 152 mètres cubes par jour, et le réservoir donnera la provision de 2 jours. On a prévu 11 bornes-fontaines.

Dépense: puits et forage 5 000 francs, bâtiment et tours 14 000, cuves et tuyauterie 10 000; machine à vapeur et pompe 8 000; canalisation et appareils 33 000. Total 70 000 francs.

On compte monter 150 mètres cubes en 10 heures de travail.

Châteauneuf-sur-Loir. *Puits, machine à vapeur* (1888). — Cette commune, de 1 400 habitants, qui n'était desservie que par 3 puits de 30 mètres avec pompes à manivelles, a creusé un puits de 33 mètres et de 1^m,30 de diamètre avec revêtement maçonné de 0^m,33; la hauteur d'eau y varie de 9 à 13 mètres.

Une machine à vapeur de 4 chevaux actionne une pompe à 2 corps pouvant monter 125 mètres cubes en 10 heures dans un réservoir de 145 mètres cubes placé près du puits et dominant la ville; jusqu'à présent, la machine ne fonctionne en moyenne que 12 heures tous les 4 jours.

La dépense s'est élevée à 45 000 francs, dont 9 000 pour le puits, 12 000 pour les machines, 7 000 pour le réservoir. La dépense annuelle s'élève à 3 000 francs. L'eau se vend 0^{fr},40 le mètre cube au compteur.

Janville. *Puits, machine à vapeur* (1880). — Janville est au milieu de la Beauce; on a prolongé un puits de 25 mètres par un forage de 15 mètres. On a installé une machine à vapeur de 7 chevaux, et une pompe refoule l'eau dans deux cuves en tôle de 78 mètres. Canalisation en fonte, établie à tort à 0^m,70 seulement de profondeur. Dépense 110 000 francs.

L'entreprise est concédée à une Compagnie. Consommation: 78 mètres par jour en été, 52 mètres en hiver; on remplit les réservoirs tous les deux jours en été, tous les trois jours en hiver. Dépense 3 750 francs par an: employés 900, impôts 450, entretien 1 000, charbon 1 400 francs. Recette: 6 000 francs pour 160 abonnés, sur

une population de 1 263 habitants. Il n'y a pas de service public, si ce n'est pour l'arrosage, les incendies et les exercices de pompes; la commune paye l'eau pour ses établissements.

Les abonnements se font au compteur; 25 francs par an pour 1 hectolitre par jour, 125 francs pour 1 mètre cube, 250 francs pour 3 mètres cubes. Il y a des bornes-fontaines fermant à clef; des concessions sont consenties à ces bornes-fontaines, et des clés sont remises aux abonnés qui payent suivant leur cote inscrite au rôle des contributions: le prix minimum est de 1^{fr},50 par an.

FINISTÈRE

Quimper. *Galeries de drainage et captation, adduction par gravité* (1895). — En l'absence de sources de quelque importance, la ville de Quimper a résolu de s'alimenter à l'aide de galeries de drainage; elles ont été exécutées avec beaucoup de précautions, afin d'éviter les inconvénients signalés à Lorient, dont les galeries donnent parfois des eaux troubles et chargées d'un excès de matières organiques et de germes. Les galeries de captage de Quimper ont été exécutées, sur le projet de M. Soulié, ingénieur des Ponts et Chaussées, et sur les conseils de M. l'ingénieur en chef Considère, qui a rendu compte du travail dans une notice qui nous a fourni les renseignements suivants :

Quimper est entourée d'une région granitique avec nombreux vallons à l'état de prairies, bordés par des coteaux rapides. Le sol comprend : une couche A de terre végétale, de 0^m,40 à 0^m,80, à peu près imperméable, parfois un peu tourbeuse; puis une couche hétérogène B, irrégulière, très perméable, formée de graviers, de sables et de pierres; au dessous, à une profondeur de 2 mètres à 5 mètres, vient une couche arénacée C, formée de grains de quartz, de mica ou de feldspath, résultant de la décomposition du granite sous-jacent. La transition de la couche C au granite rocheux se fait progressivement, et on trouve, à une profondeur de 3 à 7 mètres, la roche vive parsemée elle-même de nombreuses fissures plus ou moins ténues.

On trouve la même constitution sur les coteaux, avec des couches moins épaisses et une terre végétale plus perméable. Les couches arénacées des coteaux sont donc alimentées par leurs parties supérieures et aussi par les eaux superficielles traversant la terre végétale; toute cette eau chemine souterrainement et se réunit dans les thalwegs, où elle produit des sources lorsqu'elle paraît au jour. Si l'on établit dans un thalweg un aqueduc de dimensions suffisantes, engagé

dans la partie supérieure du granite et recouvert d'un dallage étanche, il recevra par son radier les eaux de la couche arénacée et celles des fissures de la roche, et ces eaux auront effectué dans l'arène un parcours assez considérable pour être purifiées.

Vient-on à traverser une faille, un amas de détritits, on établit au passage un aqueduc cimenté complètement étanche.

Le bon fonctionnement de l'aqueduc suppose que, après la fouille, la continuité des couches filtrantes a été rétablie au-dessus de l'aqueduc ainsi que la couche superficielle imperméable empêchant la pénétration des eaux de surface.

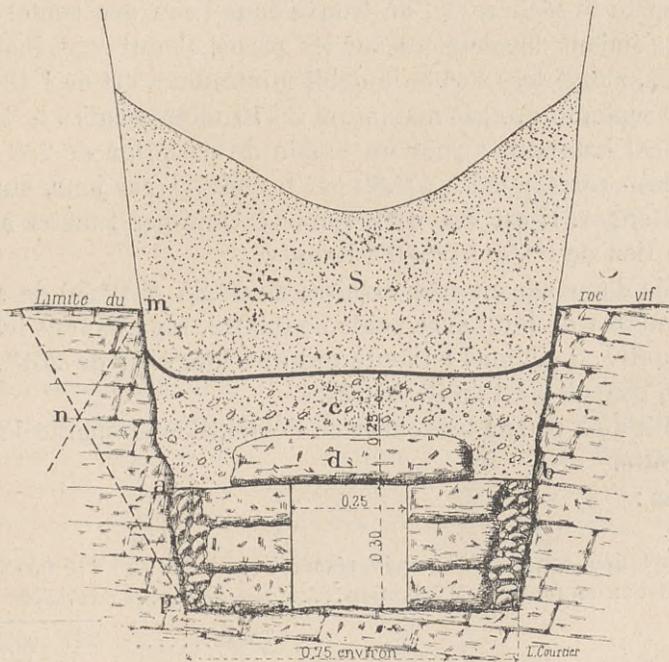


Fig. 46.

C'est d'après ces principes qu'ont été établis les aqueducs de captage de Quimper dont M. Considère a donné la coupe ci-jointe : la pierre inférieure de chaque piédroit est posée à sec, les deux assises supérieures sont posées au ciment, et le tout est garni en arrière d'une sorte de béton de ciment ; la dalle *d*, posée au ciment, est recouverte d'une couche de béton *c* relevée contre la paroi du roc vif. Si on remblayait pêle-mêle au-dessus du massif, les eaux superficielles pourraient descendre au roc et gagner l'aqueduc par les fissures *m*, *n*, *p*. Pour parer à ce danger, on a rempli au-dessus du béton avec un

couche S de sable siliceux de 0^m,80, relevée contre les parois de la fouille ; au dessus on a pilonné les bons déblais sableux de la fouille, et on a achevé le remblai avec la couche argileuse végétale, qui a été gazonnée et profilée en dos d'âne, de sorte que l'aqueduc se trouve ainsi dessiné à l'extérieur.

La ville a, du reste, acquis les terrains riverains et les laisse en prairies sur lesquelles on ne permet que l'usage des engrais minéraux. Nous avons vu précédemment combien on avait parfois rencontré de difficultés pour avoir négligé d'acquérir la zone de captation.

Grâce à ces précautions, les eaux de Quimper sont restées limpides et pures, dépourvues de bactéries ; cependant, lorsque le débit croît rapidement après la sécheresse, on trouve dans l'eau des conferves végétales qui s'étaient développées sur les parois et qui sont inoffensives.

En 1895, année très sèche, le débit minimum a été de 1 197 mètres cubes, 30 septembre, et le maximum 3 779 mètres cubes le 19 janvier pour 18 000 habitants ; pour un bassin de réception de 250 hectares, le minimum correspond à 4^{me},80 par hectare et par jour, supérieur à celui de Rennes. Il est vrai qu'il tombe à Quimper 1 mètre à 1^m,20 de pluie, au lieu de 0^m,70 à 0^m,80 à Rennes.

Conduite d'amenée en grès vernissé de 0^m,25 et 0^m,30 de diamètre, de 3 507 mètres de long avec pente de 0,0012, regards tous les 200 mètres. En outre, 3 siphons en fonte ont une longueur de 261^m,60, et la plus forte charge y est de 18 mètres.

Réservoir de 2 000 mètres cubes en déblai. Réseau maillé de distribution en fonte.

Dépense :

Captation, conduite d'amenée, réservoir.....	110 000 fr.
Tuyaux en fonte et distribution.....	117 500
TOTAL.....	<u>227 500 fr.</u>

On ne peut savoir ce que sera la recette, mais il est bien probable qu'elle arrivera à couvrir les charges.

L'eau est excellente et toujours limpide.

Service public : 33 bornes-fontaines, 65 bouches.

Il est à remarquer que, sous un climat pluvieux et humide comme celui des côtes de Bretagne, les eaux souterraines ne peuvent donner les mécomptes qu'on a éprouvés dans les pays à sécheresses prolongées.

Brest. *Adduction de sources; difficultés entre la ville et la Compagnie.*

— Dans les quartiers de Recouvrance et du port de commerce, la ville

fait le service public et privé ; dans Brest *intra muros* la ville fait le service public et la Compagnie des Eaux le service privé ; dans l'annexion, la Compagnie fait le service public et privé. Il y a donc une grande complication et matière à chicanes.

Il y a plusieurs sources ayant chacune son réservoir et son réseau ; elles arrivent par la gravité pour ce qui regarde la ville ; quant à la Compagnie elle élève ses eaux par moteur hydraulique et moteur à vapeur dans un réservoir qui domine l'agglomération, toutes les sources sont recueillies dans un réservoir unique et refoulées à 65 mètres de hauteur.

La recette de la Compagnie s'est élevée, en 1893, à 69 200 francs, et ses frais généraux à 29 000 francs.

La ville voulait racheter la concession et offrait, jusqu'en 1974, une annuité de 50 000 francs, mais la Compagnie demande 80 000 francs. Le rachat est cependant le seul moyen de mettre un terme aux difficultés.

Les abonnements réalisés par la ville ne produisent que 2 600 francs La population municipale est de 63 000 âmes, et la population flottante 13 000.

Le débit des sources est très variable et insuffisant en temps de sécheresse.

Châteaulin. *Adduction de source (1895).* — Depuis fort longtemps une source, venant des schistes et dominant la ville, est captée et alimente des fontaines ; mais la distribution a été remaniée en 1895. Le réservoir de tête n'a que 15 mètres cubes. La conduite principale en fonte, de 0^m,10, dessert 10 bornes-fontaines. Le débit, qui est de 300 mètres cubes en moyenne par jour pour 2 500 habitants, tombe à fort peu de chose en temps de sécheresse.

Quimperlé. *Nappe souterraine, adduction par tuyaux Doulton (1893).* — A 2 kilomètres de la ville, dans la vallée du Coq, on a établi en tranchée profonde un aqueduc en pierres sèches de 130 mètres de long ; par des tuyaux en grès Doulton, l'eau, qui est très pure, est amenée dans un réservoir à deux compartiments de 200 mètres. La charge sur la ville basse est de 35 mètres ; canalisation en fonte. Dépense : captation et réservoirs 33 300 francs, distribution 39 000.

Débit : 300 mètres cubes par jour en hiver, 200 en été. Cela ne fait que 40 litres par tête pour 5 000 habitants. Les abonnements paraissent devoir se développer très lentement.

Morlaix. *Captation par galeries, adduction par la gravité (1890).* — Diverses galeries de 300 mètres établies le long du chemin de fer de Paris à

Brest et dans son enceinte, à 6 kilomètres de la gare de Morlaix, alimentent une conduite en fonte de 0^m,30, partant de l'altitude 121 et aboutissant à l'altitude 82 dans un réservoir en maçonnerie de 1 000 mètres cubes.

Service public : 22 bornes, 68 bouches d'arrosage, 70 d'incendie ; population 15 000.

La concession est accordée à la Compagnie générale des Eaux, qui doit fournir 1 000 mètres cubes par jour pour le service public et autant pour le service privé. Mais les galeries ne donnent que 400 mètres cubes, il faut prendre le complément dans la rivière le Queffleuth par une conduite spéciale.

Landivisiau. *Fontaines et pompes.* — Ce bourg est desservi par quatre sources ou fontaines, naissant dans le pays même au milieu de sables granitiques ; le trop-plein alimente des lavoirs. Quatre puits avec pompes complètent l'alimentation. Avec un pareil système, il faut veiller aux contaminations extérieures.

Roscoff. *Source.* — Une source, recueillie dans un réservoir de 16 mètres cubes, dessert 3 bornes, dont une à l'extrémité du môle. Les navires, qui y prennent de l'eau, payent 0^{fr},10 par tonneau de jauge.

Huelgoat. *Source.* — Une source du terrain granitique, recueillie dans un réservoir de 5 mètres cubes, est conduite par un tuyau en fonte de 0^m,05, de 340 mètres de long, à une fontaine à vasque à 4 jets continus dont le trop-plein alimente un lavoir. Dépense 3 200 francs. Débit 50 mètres cubes par jour en tout temps pour 500 habitants.

Landerneau. *Sources.* — Des sources supérieures ont été captées et distribuées pour une dépense de 45 000 francs. Il n'y a qu'un service public donnant par tête 20 litres en été et 38 en hiver pour 8 500 habitants.

Audierne. *Sources (1878).* — Une source, recueillie dans un réservoir de 120 mètres, alimente une conduite en fonte de 0^m,06 qui dessert une fontaine monumentale et 7 bornes à robinets. Débit : 160 mètres cubes par jour en été, 700 en hiver pour 1 800 habitants. Entretien insignifiant. Dépense première 12 000.

Douarnenez. *Source.* — Captée dans un réservoir de 10 mètres cubes, puis amenée dans un réservoir central de 400 mètres par une conduite de 0^m,10. Il n'y a qu'un service public insuffisant : 9 bornes-

fontaines pour 40 000 habitants. Débit : 35 mètres cubes en été, 250 mètres cubes en hiver. Un projet devant donner 300 mètres cubes en tout est à l'étude, soit 30 litres par tête.

Concarneau. Sources. — Diverses sources alimentent 12 bornes-fontaines pour 6 000 habitants. Le débit n'est guère que de 5 000 à 7 000 litres. C'est insignifiant. Le tout au ruisseau est pratiqué dans la plupart des rues. Aussi les épidémies sont-elles fréquentes et difficiles à combattre.

He Tudy. Source (1895). — On recueille les eaux d'un plateau granitique dans une chambre de 20 mètres cubes, d'où part une conduite en grès, de 0^m,08 de diamètre, de 4 200 mètres de long, avec pente de 0,001, qui doit alimenter 2 bornes-fontaines et 1 lavoir. Débit d'étiage 7 000 litres par jour. Population à desservir 1 000 habitants. Dépense 25 000 francs. Les habitants allaient autrefois chercher ces mêmes eaux par corvées.

GARD

Nîmes. Galeries filtrantes dans le Rhône. — Nous avons décrit ailleurs l'alimentation d'eau de Nîmes : galerie de filtration à Comps près du Rhône, machines à vapeur élévatoires, conduites en ciment. Il arrive 14 000 mètres cubes par jour pour 71 000 habitants. Un projet est à l'étude pour porter le cube à 22 000 mètres.

Alais. Source, adduction par tuyaux en ciment (1877). — La source de la Tour, sise à 6 500 mètres de la ville, sur la rive droite du Gardon, au pied d'un massif montagneux, donne un débit de 150 litres au moins, supérieur aux 76 litres par seconde que prend Alais.

Eau limpide et fraîche, 11° à 14° de température, marquant 22° à l'hydrotimètre, contenant par litre 0^{gr},091 de carbonate de chaux et 0^{gr},066 de carbonate de magnésie.

Chambre de captation ; siphon de 140 mètres sous le Gardon, composé de deux tuyaux, l'un en tôle de 0^m,55 de diamètre et de 0^m,008 d'épaisseur, l'autre ovoïde en béton de ciment ayant 0^m,60 sur 0^m,80 avec 0^m,30 à 0^m,40 d'épaisseur. Les deux tuyaux, qui peuvent fonctionner séparément, aboutissent à une chambre d'où part la conduite de dérivation en béton de ciment ; longueur 6 400 mètres, dia-

mètre 0^m,55, épaisseur variant de 0^m,41 à 0^m,27, suivant la charge, qui ne dépasse pas 18 mètres.

La chute totale de la source au réservoir n'est que de 2^m,66. Réservoir de 1 800 mètres, qui serait insuffisant si la conduite d'amenée ne desservait directement deux faubourgs et une partie même de la ville. Du reste, l'écoulement des fontaines est continu.

Le réseau de distribution comprend 11 kilomètres de tuyaux en ciment de 0^m,45.

L'entretien ne dépasse pas 500 francs par an; le personnel des eaux est confondu avec celui de la voirie. De 1884 à 1894, les recettes ont passé de 14 000 à 38 000 francs d'une façon régulière.

Service public : 3 lavoirs, 70 bornes à écoulement continu, 97 bouches. Il y a 700 abonnements.

Égouts. — Réseau incomplet, aboutissant à un collecteur de 1 200 mètres, sur la rive gauche du Gardon, qui se déverse dans un canal d'irrigation et reçoit le canal de fuite d'un moulin. Section ovoïde 1^m,50 sur 1^m,80.

Le Vigan. *Source, canalisation en ciment (1868).* — L'eau de la source d'Isis, à 1 kilomètre de la ville, est amenée et distribuée par une canalisation en ciment. Eau très pure et très fraîche. En cas de sécheresse extrême, on supprime l'écoulement des fontaines publiques pendant la nuit ou une partie du jour. Il existe certainement des crevasses et des pertes dans la canalisation.

Brouzet. *Eau de rivière, béliers hydrauliques (1892).* — L'eau de l'Alauzène, qui se trouble lors des crues, est refoulée par un barrage dans une conduite en ciment de 0^m,25, de 500 mètres de long, qui aboutit au réservoir des béliers : ceux-ci la refoulent par une conduite en fonte de 0^m,08 de 250 mètres de long dans un château d'eau, à 48 mètres au-dessus des béliers, château d'eau composé d'une tour en maçonnerie portant une bache en tôle de 1^m,30 de diamètre et 1 mètre de hauteur. De la bache, l'eau passe dans un réservoir voûté souterrain en maçonnerie de 100 mètres cubes par une conduite en fonte de 0^m,10 et de 1 700 mètres; le radier du réservoir est à 6 mètres au-dessous du niveau d'eau de la bache.

Le grand bélier dépense en eau motrice 12 litres par seconde et élève 1 litre d'eau; il peut encore fonctionner avec 8 litres; le petit bélier exige 4 litres 1/2 d'eau motrice pour élever 1/2 litre; avec un débit inférieur à 3 litres, il ne fonctionne plus. La chute minima nécessaire est de 3 mètres, mais elle est d'ordinaire de 7 mètres.

Les résultats sont satisfaisants depuis 1892. La dépense s'est élevée

à 57 000 francs dont 5 000 francs pour les béliers. Dépense annuelle 500 francs. Débit 43 à 130 mètres cubes par jour suivant l'état de la rivière pour 540 habitants. Il n'y a qu'un service public : 15 bornes-fontaines avec abreuvoirs.

Saint-Victor-la-Coste. *Galerie de captation, machine à vapeur* (1888). — On trouve de l'eau dans la marne au-dessus des lignites, marquant 26° avec 0^{sr},290 de résidu solide par litre. Galerie de captage de 43 mètres, largeur libre 2 mètres, hauteur sous clé 3^m,20, capacité 200 mètres cubes ; escalier et regards. Au dessus : bâtiment des machines, chaudière Field, machine horizontale à vapeur de 6 chevaux, 2 pompes à piston plongeur de 0^m,136 de diamètre et 0^m,46 de course. Conduite de refoulement de 0^m,15 en fonte, 850 mètres de long, 45 mètres d'élévation, 51 mètres de hauteur virtuelle. Réservoir de 400 mètres installé dans une cave de l'ancien château.

Dépense : 75 500 francs, dont 9 900 francs pour galerie de captation et 12 000 francs pour machine et pompes.

Service public : 20 fontaines, 2 poteaux et 1 pompe.

L'installation donne satisfaction à la population.

Bagnols-sur-Cèze. *Source, adduction par tuyaux en ciment.* — Une source est amenée par une conduite en ciment comprimé du Theil, posée par bouts moulés à l'avance. Longueur de la conduite 4 705 mètres ; diamètre : 0^m,15, 0^m,12 et 0^m,10 suivant la pente ; elle forme trois siphons dont la charge au point bas est 4 mètres, 5^m,50 et 10^m,30. Il y a un réservoir de 300 mètres cubes. Dépense totale 50 000 francs.

D'autres communes amènent par des tuyaux de ciment des eaux de sources ou de puits. Exemples : *Saint-Pons-la-Calm* : tuyau de 0^m,10 de 1 050 mètres ; *la Calmette*, 3 puits creusés à l'amont du village lui envoient leurs eaux par une conduite de 0^m,10 et de 2 550 mètres de long.

Sainte-Anastasie. *Moulin à vent* (1892). — Une galerie de 11 mètres de long, 0^m,70 de large et 1^m,85 de haut recueille les eaux des gravières en travers de la vallée de Bourdic et les amène au pied du village, par une conduite en ciment de 0^m,135, de 1 900 mètres, dans un réservoir où les prend un moulin à vent qui les refoule par une conduite en fonte de 0^m,08, de 300 mètres, dans un réservoir de distribution. La conduite d'adduction a coûté 15 000 francs, le réservoir inférieur avec abreuvoir et borne 3 500, construction au dessus 2 300, moulin à vent et pompes 5 300. Dépense totale 46 400 pour 500 habitants. En trois ans le moulin à vent a occasionné une dépense de 400 francs.

Remoullins. *Source, adduction par tuyaux en fonte (1891).* — Une source, captée dans un bassin de 145 mètres, s'engage dans une conduite en fonte de 0^m,12 de diamètre, 2 000 mètres de long, 19^m,66 de chute ; l'eau arrive au point culminant de la ville dans une bache de distribution. La conduite traverse le lit du Gardon : on a d'abord dragué à l'emplacement du tuyau, puis on a battu deux files de pieux, et on a immergé la conduite liée à des plateaux en sapin, le tout formant une ligne rigide ; on a ensuite recepé les pieux, on les a reliés par des brides et on a immergé du béton. Bien que mise à nu plusieurs fois par les crues, la conduite n'a pas bougé depuis 1891. Le débit minimum est de 260 mètres cubes pour 1 300 habitants. Il y a 20 fontaines publiques et 13 abonnements produisant 400 francs.

Castillon. *Moulin à vent, machine à vapeur de secours.* — Un moulin à vent a été monté sur un puits de 9^m,15 de profondeur avec 2^m,80 d'eau. La pompe a un piston de 0^m,20 de diamètre et de 0^m,25 de course ; elle donne 15 à 16 coups à la minute avec un vent de 7 à 8 mètres à la seconde. Le moteur aérien est monté sur une tour en maçonnerie de 9 mètres surmontée d'une charpente en fer de 5^m,50. La conduite de refoulement de 0^m,10 a 500 mètres de long, et l'élévation de l'eau est de 44 mètres.

Le moulin, établi sur le bord d'un ruisseau tortueux et encaissé, a trompé l'attente, ce qui ne nous étonne pas ; les vents de 7 à 8 mètres sur lesquels se basent les constructeurs de moulins sont très rares.

Le moulin et la pompe avaient coûté 5 500 francs ; il a fallu lui adjoindre une machine à vapeur de 8 chevaux qui fonctionne 2 jours par semaine et alimente le réservoir de distribution de 200 mètres cubes. Population 600 habitants.

Montfrin. *Source, conduite traversant le Gardon par un câble de suspension.* — Un tuyau en fonte de 0^m,135 de diamètre traversait le Gardon, logé dans une enceinte ; il fut emporté à plusieurs reprises par les crues, la rivière étant affouillable. On le remplaça par un tuyau Chameroï logé dans un berceau-gouttière à treillis, supporté par un câble de 0^m,03 de diamètre prenant son appui sur les piles et culées du pont suspendu voisin. La conduite suspendue, de 133 mètres de long, pèse pleine 30 kilogrammes le mètre courant, la gouttière 15 kilogrammes, les tiges et le câble 7 kilogrammes, en tout 52 kilogrammes.

Les variations du câble par la dilatation doivent agir sur les joints des tuyaux ; il semble qu'en pareil cas on ferait bien de recourir à des joints sphériques.

GARONNE (HAUTE-)

Bagnères-de-Luchon. *Source, adduction par la gravité.* — On prend 55 litres par seconde à une source puissante, naissant à 10 mètres au-dessus de la rivière la Pique, à 4 kilomètres à l'amont de la ville, au pied de la montagne de Superbagnères.

Une conduite en fonte de 0^m,162, de 3 350 mètres de long, amène l'eau à un réservoir de 1 500 mètres cubes à 700 mètres de la ville. Altitude au départ 824 mètres, à l'arrivée 677 mètres. Altitude moyenne de la ville 636 mètres.

Du réservoir partent deux conduites maîtresses de 0^m,162 qui se rejoignent après avoir contourné la ville l'une à l'est, l'autre à l'ouest; le service continu est donc assuré.

L'eau est excellente; température de 8° qui ne subit qu'une variation d'un demi degré jusqu'aux fontaines. Résidu solide de 0^{gr},102 par litre.

Débit constant : 4752 mètres cubes par jour pour une population de 4 000 âmes portée à 8 000 pendant la saison des bains.

Dépense annuelle : 1 200 francs, dont 600 francs pour un fontainier.

Saint-Gaudens. *Galerie filtrante, élévation par turbines (1872).* — Une galerie filtrante est établie dans une prairie bordant la Garonne au milieu des graviers; elle doit recevoir des eaux d'une nappe, car la température de l'eau qu'on y puise diffère notablement de celle de l'eau de la Garonne. Malheureusement, de l'autre côté de la galerie se trouve le canal d'irrigation d'Auné qui reçoit les déjections de lavoirs, d'usines et de fosses; aux époques d'irrigation, l'eau du canal pénètre en abondance dans la galerie peu profonde et recouverte de dalles. Ainsi, en juillet 1892, l'eau dans la galerie s'est rapidement élevée de 1 mètre, sa température a passé de 14° à 24° et l'eau du canal marquait en même temps 29°,5. Il y a là une situation dangereuse.

Deux turbines, actionnées par une dérivation constante du canal, élèvent l'eau à 59 mètres de hauteur dans deux cuves de distribution de 108 mètres cubes chacune. Les deux turbines marchant ensemble élèvent 20 litres à la seconde, 1 728 mètres cubes par jour, ce qui donne 360 litres par tête pour 4 800 habitants. Cependant on se plaint de l'insuffisance du service. Il doit y avoir tout simplement à réprimer le gaspillage et à augmenter les réservoirs; la charge en ville est faible et sera régularisée par l'extension des réservoirs.

Égouts. — Des égouts dallés, de section insuffisante en temps d'orage, reçoivent les eaux ménagères et quelquefois les matières des fosses. Leur débit est utilisé par les maraîchers pour l'arrosage et pour l'irrigation des prairies.

Montréjeau. *Galerie filtrante, élévation par turbine.* — La galerie filtrante est établie dans une prairie sur le bord de la Neste, entre cette rivière et un canal d'usine qui en est dérivé. La voûte de la galerie, dont le sommet est à 2^m,50 sous la prairie, est maçonnée au mortier hydraulique; les piédroits sont à pierres sèches. Une dérivation du canal actionne deux turbines qui font mouvoir chacune une pompe castraise pouvant élever 5^{lit},5 à la seconde à 52 mètres de hauteur; mais les deux turbines ne peuvent fonctionner simultanément, par manque d'eau motrice; la ville vient d'acheter le canal pour remédier à cet inconvénient.

Service public : 45 bornes, 15 bouches d'arrosage que l'on ferme en été à l'époque où elles seraient le plus utiles.

GIRONDE

Bordeaux. *Sources, machines élévatoires (1857).* — Un premier aqueduc de 14 kilomètres de long recueille des sources provenant de filtrations à travers le plateau sableux des Landes, communes de Saint-Médard, Taillan et Eyssines; une grande partie des sources communiquant avec le ruisseau la Jalle, on tient à l'aide d'un vannage l'eau de l'aqueduc au-dessus de celle de la rivière. A son arrivée, l'aqueduc alimente directement le réseau de conduites d'un quartier bas, et le trop-plein s'en va dans un réservoir où il est refoulé en ville par deux machines fonctionnant alternativement.

Un second aqueduc, de 42 kilomètres de long, amène à une usine suburbaine les sources de Budos, provenant aussi d'infiltrations du plateau des Landes et jaillissant dans un bassin qui servait de réservoir à un moulin acquis par la ville. Deux machines marchant alternativement refoulent l'eau dans le réseau de distribution.

Les canalisations des deux usines sont réunies et ne forment qu'un réseau, avec réservoirs régulateurs sur les points hauts de la ville.

Un quartier plus élevé est alimenté par un réservoir spécial dans lequel une machine refoule l'eau prise sur une conduite du réseau général.

Un service spécial est fait pendant la nuit pour élever l'eau dans

les réservoirs des étages supérieurs, pour certains quartiers où l'eau n'arrive qu'au rez-de-chaussée pendant le jour. Cet effet tient, du reste, à un certain gaspillage et, en rendant les compteurs obligatoires, en organisant le service public, on espère arriver à ménager la pression voulue même pendant le jour.

Les eaux sont limpides et pures, comme le montre l'analyse de celle de Budos :

Degré hydrotimétrique.....	25
Résidu solide par litre: 0 ^{sr} ,225, se décomposant ainsi :	
Silice.....	0 ^{sr} ,016
Acide sulfurique.....	0 007
Chlore.....	0 023
Oxyde de fer et alumine.....	0 005
Chaux.....	0 099
Magnésie.....	0 007
Alcalis.....	0 029
Matières combustibles.....	0 023

Le volume disponible, 54 000 mètres cubes par vingt-quatre heures, est sensiblement constant. En 1877, les recettes étaient de 475 000 francs, en 1894, 925 000.

Le prix de revient du mètre cube d'eau était de 0^r,0194 en 1877 ; malgré la dépense d'adduction des sources de Budos, il n'est plus que de 0^r,0162.

Service public : 413 bornes-fontaines, 1 533 bouches, urinoirs, fontaines monumentales, 260 bouches spéciales pour pompes à vapeur, 42 poteaux-colonnes.

Les concessions privées ne sont accordées qu'aux propriétaires des immeubles ; les concessions industrielles sont seules pour le moment soumises au régime du compteur.

Égouts. — Réseau peu important : 72 kilomètres pour 272 kilomètres de rues. Les égouts actuels, généralement non visitables, ne reçoivent que les eaux pluviales et ménagères et les conduisent à la Garonne. Un projet devant coûter 3 millions est à l'étude.

Libourne. *Eau de rivière purifiée par les appareils Anderson (1891).*

— On a établi le service pour une production de 3 000 mètres cubes par jour. Il y a eu quelques difficultés à l'origine, mais le service n'a été ouvert qu'en 1892 et une plus longue expérience est nécessaire. Le compteur est obligatoire.

Bazas. *Source, adduction par tuyaux en ciment (1866).* — Une source excellente, marquant 13° à l'hydrotimètre, est captée dans une enceinte

en maçonnerie et conduite par un tuyau qui est en ciment avec un diamètre de 0^m,22 et une épaisseur de 0^m,08 sur 655 mètres et en fonte avec un diamètre de 0^m,462 sur une longueur de 155 mètres. Il y a des regards à chaque changement de direction du tuyau en ciment. Réservoir de 200 mètres cubes. La conduite en ciment a coûté 10 000 francs et celle en fonte 16 000 francs, le réservoir 9 000.

Castillon. *Sources, béliers hydrauliques* (1888). — Des eaux de sources sortant du coteau qui longe la Dordogne sont élevées à 20 mètres par deux béliers hydrauliques. L'un est un bélier ordinaire, avec 2 mètres de chute, consommant 8^{lit},5 à la seconde ; l'autre est un bélier-pompe, avec 4^m,50 de chute, consommant 6 litres à la seconde. Tous deux ont été établis par M. Durozoi. Le bélier-pompe est actionné par des eaux, sinon sales, du moins susceptibles d'être contaminées.

Les deux béliers fonctionnent depuis 1888 avec régularité et avec une dépense de 150 francs par an.

L'installation a coûté en tout 15 000 francs et comprend, outre les deux béliers n° 7, 1 700 mètres de tuyaux en fonte de 0^m,05 avec joints Lavril, 600 mètres de tuyaux de refoulement de 0^m,04, 12 bornes-fontaines, les chambres des sources et des béliers et un réservoir de 60 mètres cubes.

On obtient en temps ordinaire environ 100 mètres cubes par jour pour 2 000 habitants. Pendant les crues de la Dordogne, les béliers sont noyés et ne fonctionnent plus.

En somme, il faut un débit de 15 litres à la seconde pour élever un peu plus de 1 litre.

HÉRAULT

Agde. *Eau de rivière, machines élévatoires; compagnie d'exploitation.* — L'eau de l'Hérault, excellente quand elle n'est pas souillée, mais nécessairement suspecte, est amenée par dérivation dans un bassin-filtre rempli de briques et sable. Ce bassin est très insuffisant, il se remplit de boue et de vase et ne joue guère que le rôle de bassin de décantation.

L'eau est refoulée par une turbine, aidée en temps de sécheresse par une machine à vapeur, dans un réservoir de petite capacité situé à 15 mètres plus haut. Les conduites de refoulement sont en même temps alimentaires.

En 1890, la ville a concédé l'exploitation des eaux à une Compagnie

qui se rendait en même temps concessionnaire de l'éclairage électrique. Elle a remis à la Compagnie toute l'installation et lui paye pendant trente ans une redevance de 5 000 francs par an pour un débit de 25 litres à la seconde rendus aux réservoirs. La ville reste chargée de la canalisation et de la distribution.

Béziers. *Galeries filtrantes, machines hydrauliques et à vapeur.* — L'eau est prise dans les graviers de la boucle que forme l'Orb à 4 kilomètres de la ville ; elle vient de la rivière par filtration naturelle, mais l'examen du degré hydrotimétrique indique aussi la présence d'une nappe souterraine.

L'eau est d'assez bonne qualité, elle marque $25^{\circ},5$ à l'hydrotimètre et donne $0^{\text{sr}},276$ de résidu solide par litre.

La galerie de filtration a 80 mètres de long, $1^{\text{m}},20$ de large, $1^{\text{m}},80$ de haut sous clef ; elle est voûtée et maçonnée, mais il y a des barbacanes dans les piédroits. Elle est à 30 mètres de la rive et son radier est au-dessous du fond de la rivière.

Vers 1860, M. Delon avait établi un système spécial de filtration ; parallèlement à la rive, sur une longueur de 200 mètres, il avait établi, au fond de fouilles de $6^{\text{m}},70$ de profondeur, 15 à 18 caissons ren-

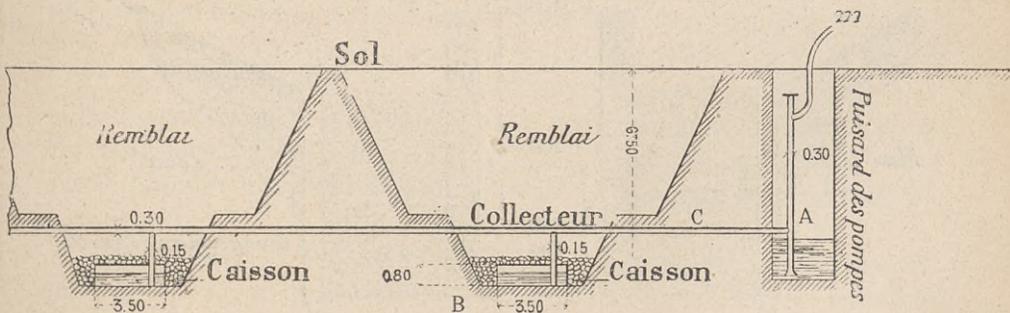


Fig. 47.

versés B ayant en plan $3^{\text{m}},50$ sur $0^{\text{m}},70$ et en hauteur $0^{\text{m}},80$; ces caissons sont recouverts de gravier, puis de remblai ordinaire. De l'intérieur de chacun d'eux part un tuyau vertical en plomb de $0^{\text{m}},15$, ascendant, qui s'embranché sur un collecteur horizontal C de $0^{\text{m}},30$, placé au-dessus des caissons et aboutissant au tuyau vertical d'aspiration dans le puisard des pompes ; sur ce tuyau vertical se branche un petit tuyau *m* de $0^{\text{m}},03$ aboutissant à la boîte des clapets d'aspiration des pompes. L'amorçage du collecteur des caissons se produit ainsi, et ce collecteur alimente le puisard par siphonnement.

L'ensemble de cette installation, qui nous a été indiquée par M. Cop-

martin, ingénieur de la ville, a très bien fonctionné pendant longtemps ; mais actuellement elle ne donne plus rien, soit pour cause de vétusté et de dégradation, soit par le fait du colmatage, et on doit la considérer comme abandonnée. Il y a quelques années, on a prolongé la galerie filtrante sans grand succès. Aussi, en 1894, l'ingénieur de la ville a-t-il fait exécuter, en amont de la galerie, un puits circulaire de 2 mètres de diamètre libre, descendant à 7^m,50 sous le sol, et à 2 mètres au-dessous du plan d'eau ; ce puits descendu sur rouet avec une épaisseur de paroi de 0^m,50 est entouré à sa base d'un anneau de gros gravier rapporté de 2 mètres de large et de 3^m,75 de haut, maintenu dans une enceinte de pieux moisés. Une pompe Dumont, actionnée par une locomobile de 12 chevaux, enlève de ce puits, nuit et jour, un volume de 70 litres à la seconde, sans que le plan d'eau baisse sensiblement. Cette eau est envoyée dans le puisard des machines élévatoires et concourt, avec le produit de la galerie, à assurer l'alimentation de la ville. La richesse de ce puits persistera-t-

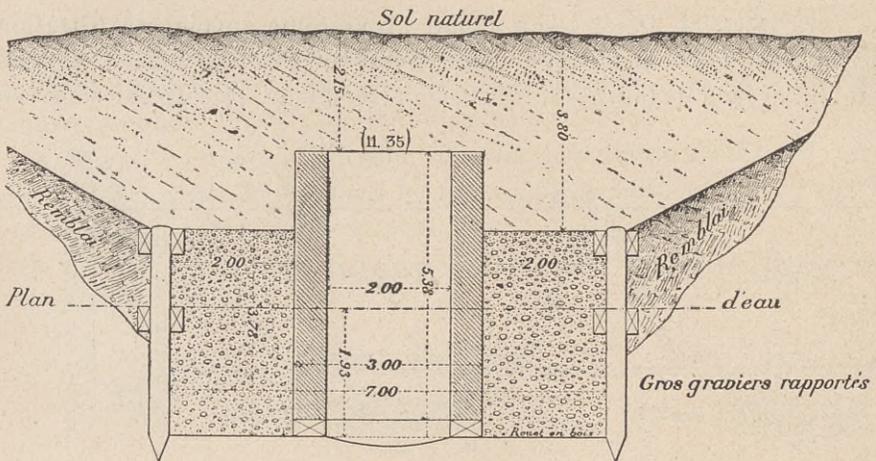


Fig. 48.

elle ? Nous serions porté à le croire ; comme nous l'avons montré, les puits de grand diamètre ont toujours été bien supérieurs aux galeries, et la solution pour Béziers serait peut-être l'établissement d'un puits établi à l'air comprimé, du genre de ceux que M. Hersent a établis à Albi, à Pesth. Les machines élévatoires comprennent : 1° deux turbines, alimentées par une dérivation de l'Orb, de 70 chevaux chacune, pouvant élever chacune 40 litres par seconde à 85 mètres de hauteur, par une conduite de 0^m,30, qui sert en même temps de *conduite de distribution* et qui aboutit aux réservoirs situés à 5 kilomètres de l'usine ; 2° deux machines à vapeur Corliss, marchant alternativement,

de 114 chevaux de force sur l'arbre chacune, marchant à 66 tours à la minute, actionnant les pompes nourricières verticales placées dans le puisard et les pompes élévatoires horizontales en prolongement du cylindre à vapeur. Chaque système peut élever 70 litres à la seconde dans une conduite de 0^m,40. Avec les deux turbines et une machine à vapeur, on peut donc fournir 150 litres à la seconde.

Il y a deux réservoirs de 5 140 mètres chacun.

La dépense annuelle, qui s'élève à 90 000 francs, paraît très élevée en comparaison de ce que l'on rencontre dans d'autres villes ; mais la cause en est sans doute à la multiplicité des éléments.

Le produit est passé de 90 000 francs en 1892 à 120 000 en 1895.

Lodève. *Sources, adduction par tuyaux en fonte (1893).* — Diverses sources sont captées dans des aqueducs voûtés de 1 mètre sur 1^m,50, dont les piédroits du côté de la montagne sont à pierres sèches, tandis que tout le reste est maçonné au mortier hydraulique. Ces sources sont amenées par des tuyaux en fonte à un tronc commun de 0^m,20 de diamètre, de 4 340 mètres de long, avec chute totale de 16^m,75.

Réservoir de 540 mètres. Les fontaines à jet continu ont été remplacées par les bornes à écoulement commandé. Le trop-plein du réservoir est employé à l'arrosage des rues et promenades.

La conduite d'amenée fait aussi un service de route.

La dépense, de 173 000 francs, a été couverte en partie par la *vente des concessions perpétuelles*. Une prise, 3 litres par minute, se vend 1 200 francs et une demi-prise 600 francs ; il y a cinquante concessionnaires.

Ce système peut présenter des avantages apparents, mais il compromet l'avenir et impose à une ville des charges indéfinies en même temps qu'il ouvre la porte aux procès. Nous ne saurions le recommander.

Cette. *Source, machines à vapeur (1887).* — Une nouvelle installation a remplacé celle de 1863. Les sources d'Issanka, prises à 11 kilomètres de la ville, sont amenées à l'entrée de la ville, par aqueduc et tuyaux de 0^m,72 de diamètre en béton de ciment, avec chute totale de 5 mètres. Un bassin de 80 mètres les reçoit et les machines à vapeur les y puisent. Trois machines de 40 chevaux, dont 2 toujours en marche ; chacune, allant à 30 tours, peut élever 5 000 mètres cubes par jour à l'altitude 45 mètres dans un réservoir. Une machine compound de 25 chevaux, installée à ce réservoir, monte l'eau dans un

réservoir supérieur, à la cote 160, qui alimente les villas de la côte et la partie de la ville dépassant 35 mètres.

L'eau est uniquement vendue *au compteur*, 0^{fr},30 le mètre.

Les dépenses annuelles s'élèvent à 94 000 francs dont 4 000 francs de charbon et 12 000 francs de fournitures diverses, 26 000 francs de personnel.

Sur 8 000 mètres cubes d'eau par jour, les concessions payantes en prennent seulement 1 600 mètres.

Égouts. — Tous les égouts débouchent dans les canaux de la ville.

Saint-André-de-Sangonis. *Drainage de nappes souterraines* (1867). — L'eau est drainée sur un plateau, par aqueducs de 0^m,30 sur 0^m,50, dont 800 mètres construits en 1867 ; du récepteur part une conduite en fonte de 0^m,20 de 800 mètres de long qui se prolonge sans réservoir par le réseau de distribution. Tuyaux à joints Lavril. L'absence de réservoir et la pénurie d'eau pendant les sécheresses réduisent beaucoup le débit qui doit tomber à 120 mètres cubes par jour pour 2 500 habitants. Service public : 3 fontaines à jet continu, 13 bornes intermittentes, 2 lavoirs et 3 abreuvoirs. L'eau est insuffisante en été. Il faudrait d'abord un réservoir. Il faudrait aussi limiter la captation pendant la saison humide ; à ce point de vue, le système des barrages souterrains, dont nous avons décrit le fonctionnement pour les eaux de Bruxelles, est appelé à rendre de grands services.

Gignac. *Eaux de rivière, roue hydraulique.* — Une roue à aubes courbes, de 5 mètres de diamètre et 1^m,20 de large, refoule l'eau de l'Hérault, par une conduite de 0^m,22 en fonte, à l'aide de deux pompes verticales, dans un réservoir supérieur. Alimentation abondante, mais beaucoup d'eau perdue.

Aniane. *Source, tuyaux en poterie.* — Cette ville dispose de 20 litres par seconde d'une belle source ; malheureusement elle l'amène par deux tuyaux en poterie de 0^m,16 de diamètre qui, après un parcours de 500 mètres, alimentent un regard de distribution, d'où partent trois tuyaux alimentant trois fontaines principales, dont le trop-plein se rend aux fontaines de la ville basse, qui reçoivent ainsi une eau suspecte.

Les tuyaux d'amenée en 1894 perdaient la moitié de leur débit : il a fallu se décider à leur substituer une conduite en fonte. Les concessions ne sont demandées que par des jardiniers et des industriels.

Assas. — Une source est captée et amenée à un réservoir par des *tuyaux en poterie*. Ce réservoir alimente un *bélier* qui, avec une chute

de 1^m,75, refoule 13 litres par minute à 8 mètres de hauteur dans un autre réservoir de distribution ; le réservoir moteur reçoit 92 litres par minute. Le rendement du bélier atteindrait donc 70 0/0.

Balaruc-les-Bains (1890). — *Moulin à vent*. — Une source est recueillie sur les bords de l'étang de Thau, donnant 13 litres à la seconde. Elle est élevée par un moulin à vent porté par une tour de 3^m,50 surmontée d'un échafaudage de 5 mètres ; ce moulin, système *l'Éclipse*, actionne une pompe de 0^m,15 de diamètre et de 0^m,16 de course. L'eau est refoulée à 8^m,50 de hauteur dans un réservoir de 300 mètres cubes à 800 mètres du village, d'où part la conduite de distribution. Le moulin et sa pompe ont coûté 3 100 francs. La consommation varie de 15 mètres cubes en hiver à 40 mètres cubes en été. Depuis 1890, on n'a pas manqué d'eau, mais il faut remarquer que le réservoir renferme la consommation de huit jours même en été. Dépense annuelle d'entretien 100 francs.

Balaruc-le-Vieux. *Moulin à vent* (1893). — Un puits de 2^m,50 de diamètre et 15 mètres de profondeur, pouvant donner 1^{lit},5 à la seconde, est surmonté d'un moteur *l'Éclipse* de 6 mètres de diamètre, pompe à 3 pistons débitant 2 litres à la seconde par un bon vent moyen ; le refoulement se fait par une conduite en fonte de 0^m,08 de 280 mètres dans un réservoir de 300 mètres cubes à deux compartiments ; la hauteur moyenne de refoulement est de 24 mètres.

Le service a été satisfaisant, mais la consommation n'était dans les premiers temps que de 12 mètres cubes par jour, pour 500 habitants.

Saint-Bauzille-de-la-Sylve. — Une source, recueillie dans un petit bassin, est amenée à la fontaine publique par une *conduite en poterie* de Bollène (Vaucluse), longueur 750 mètres. L'usage de ces conduites en poterie est répandu dans la région.

La Boissière. — Une source est amenée par des tuyaux Chameroy de 0^m,08, de 2 000 mètres de long. Dépense 12 000 francs, compris la fontaine publique.

Cazilhac. — L'eau vient d'une *dérivation de l'Hérault* ; elle est refoulée par une roue Sagebien consommant 1 200 litres par seconde, avec une chute de 0^m,45, et refoulant 5 litres par seconde à une hauteur manométrique de 32 mètres par une conduite de 0^m,09 de 900 mètres de long. Réservoir 150 mètres cubes. Marche très régu-

lière. La roue et la pompe ont coûté 10 560 francs, les accessoires 1 600 francs.

Service public : 1 lavoir, 4 abreuvoirs, 2 fontaines monumentales, 10 bornes, pour 719 habitants.

Ganges. *Turbine, eau de rivière filtrée.* — La prise d'eau se fait dans l'Hérault au milieu de caisses en bois sans fond entourées et recouvertes de gravier. Une turbine fait mouvoir deux pompes élevant 25 litres par seconde à une hauteur manométrique de 33 mètres. Malheureusement, il n'y a pas de réservoir et la conduite de refoulement est alimentaire. En quinze ans, la recette a doublé. Service public : 9 fontaines à plusieurs jets, 27 bornes, 10 bouches, le tout à écoulement continu. Concessions au compteur ou à la jauge.

Saint-Georges-d'Orques. — *Source, conduite en ciment.* — Une source est amenée par une conduite en ciment ; mais les pertes sont énormes aussi bien dans les réservoirs que par les fentes de cette conduite. Canalisation à refaire.

Saint-Jean-de-Fos. *Conduites en poterie* de 2 000 mètres de long.

Saint-Mathieu-de-Trévières. *Moulin à vent* (1888). — Un moulin à vent de 8 mètres carrés de voilure, monté sur tour de 5 mètres et pylone de 5 mètres, refoule l'eau par une conduite de 380 mètres, 38 mètres de hauteur, dans un réservoir de 100 mètres cubes. Dépense 7 700 francs, dont 3 500 pour le réservoir creusé dans le roc. Commune de 230 habitants ; 1 pompe, 2 bornes, 1 lavoir, 1 abreuvoir. Dépense 100 francs par an.

Le service fonctionne régulièrement depuis 7 ans.

Saint-Saturnin. *Source.* — Une conduite en fonte de 0^m,19 la mène à une fontaine principale et à une cuve en fonte d'où part une conduite fermée de distribution, *en poterie*, de 334 mètres de long. La charge ne dépasse pas 6 mètres.

Puéchabon. *Source, turbine* (1892). — Cette petite commune de 650 habitants est très riche en biens communaux ; elle manquait absolument d'eau et elle a dépensé 175 000 francs pour en avoir : projet de M. Guibal, ingénieur des Ponts et Chaussées. On a capté la source de Fontfroide ; elle vient d'une grotte profonde et forme dans la montagne un lac souterrain, difficilement accessible, car on ne peut guère

pénétrer que d'une trentaine de mètres dans la cavité ; ce lac suit les mouvements de l'Hérault, et peut être communique-t-il avec lui à quelques kilomètres à l'amont.

La source émerge d'un chaos de blocs isolés à la cote 81^m,16 et se jette dans l'Hérault à 100 mètres de là, à la cote 80.

Le débit minimum est de 30 litres à la seconde.

On a pris l'eau par une galerie percée dans le roc vif jusqu'au lac intérieur et aboutissant à un puisard extérieur, cote 80^m,50. De là part une conduite en fonte de 0^m,175, de 925 mètres de long, suivant la rive gauche de l'Hérault et alimentant à la cote 78 mètres le puisard des pompes qu'actionne une turbine.

La conduite de refoulement, de 0^m,10, suit encore l'Hérault sur 400 mètres, puis gravit la montagne suivant la ligne de plus grande pente, avec inclinaison de 0^m,40 à 0^m,70, jusqu'au col qui est à 206 mètres au-dessus du seuil de l'usine hydraulique qui est lui-même à l'altitude 84^m,50.

Au sommet, l'eau pénètre dans un regard ou tabouret de repos, puis descend, par un tuyau de 0^m,10, en suivant des pentes rapides jusqu'au réservoir de distribution de 300 mètres cubes, à 191 mètres d'altitude ; la chute du tabouret au réservoir est donc de 99^m,50.

Longueur totale du refoulement : 5 475 mètres.

Le barrage exécuté sur l'Hérault pour créer la chute de la turbine est un ouvrage important et difficile ; il a 39^m,50 de largeur, et comprend un massif de béton de ciment de grappiers du Theil coulé dans une tranchée en travers du cours d'eau jusqu'au rocher solide ; ce massif a 5^m,50 de large ; il porte le barrage proprement dit (*fig. 4*, pl. 41), recouvert en pierres de taille.

Au barrage est accolé un pertuis de décharge et le bâtiment des machines : tous ces ouvrages sont en mortier de ciment.

La puissance disponible était supérieure au nécessaire. On s'est donc attaché à établir non des appareils à grands rendements, mais des appareils simples et robustes. Le refoulement est considérable, la pression sur les pistons est de 20 atmosphères ; on l'a limitée par une soupape de sûreté qui s'ouvre sous une charge de 250 mètres de hauteur d'eau.

Les tuyaux de fonte soumis à plus de 10 atmosphères ont dû être renforcés. Ils sont posés dans des tranchées rocheuses ouvertes à la mine.

Les pompes envoient 300 mètres cubes au réservoir en huit heures. Il faut parfois les arrêter pendant les crues violentes qui durent quelques heures.

La distribution consiste surtout en une fontaine monumentale (5 000 francs) et deux lavoirs.

Mèze. *Puits artésien.* — Cette ville, de 6 200 habitants, exécute un projet d'élévation par machines d'eaux prises dans un puits artésien. Un forage au diamètre de 0^m,15 a été descendu à 33^m,20, profondeur de la couche aquifère; les eaux ont jailli à 0^m,50 au-dessus du sol avec un débit de 1 litre à la seconde. En plaçant la crépine d'une pompe à 8 mètres de profondeur, on a obtenu un débit de 10 litres à la seconde. Le coût du puits a été de 7 665 francs; il est ouvert au diamètre de 8 mètres sur une profondeur de 9 mètres, et le forage commence au fond de cette cavité qui se remplit pendant la nuit, lorsque les pompes ne fonctionnent pas, et constitue un réservoir régulateur.

ILLE-ET-VILAINE

Rennes. *Drainage d'eaux souterraines, aqueducs (1882).* — On a recueilli le produit de drainages profonds pratiqués à 70 kilomètres de la ville dans les vallées granitiques de la Loisançe et de la Minette, affluents du Couesnon. L'entreprise a donné lieu à des travaux considérables:

1° Les captations se composent d'aqueducs à pierres sèches établis dans les vallées parallèlement aux thalwegs, au fond de tranchées pénétrant dans le granite à une profondeur de 5 à 12 mètres; il y a 22 kilomètres d'aqueducs et de canalisations dans 13 vallées secondaires;

2° L'eau ainsi recueillie est amenée à l'aqueduc principal par 12 600 mètres d'aqueducs secondaires dont 1 200 mètres en souterrain sous la ligne de partage de la Loisançe et de la Minette;

3° L'aqueduc principal a 42 kilomètres de long: 22 kilomètres d'aqueduc libre, en tranchée ou en relief, 5 kilomètres de souterrains et 9 kilomètres de siphons.

4° Il aboutit à deux réservoirs sur le plateau du Gallet, à 4 kilomètres au nord-est de la ville, réservoirs en maçonnerie de ciment contenant l'un 15 000 et l'autre 20 000 mètres cubes d'eau;

3° Ils desservent 48 kilomètres de canalisation intérieure composée de tuyaux en fonte d'un diamètre de 0^m,70 à 0^m,08, 50 bornes-fontaines, 250 bouches d'arrosage et 50 bouches d'incendie.

Les travaux ont coûté 5 135 000 francs dont 1 000 000 pour la canalisation intérieure.

Régie intéressée. — La ville a exécuté les travaux d'adduction et a concédé à la Compagnie générale des Eaux l'exécution de la canalisation intérieure et l'exploitation du service privé; pour ce service, la ville met à la disposition de la Compagnie 3 000 mètres cubes par

jour sur les 12 000 qui arrivent au réservoir ; l'excédent reste à la disposition de la ville pour le service public. — La concession est de 30 ans ; à l'expiration de cette période, la ville est propriétaire et peut même racheter au bout de 25 ans.

La Compagnie a le monopole de la canalisation et de la distribution ; la ville lui a abandonné le produit brut des abonnements jusqu'à ce qu'il atteigne 8 0/0 du capital dépensé ; au delà et jusqu'à 80 000 francs, la Compagnie reçoit le quart du produit à titre de prime ; au-delà de 80 000 francs, elle ne reçoit plus que le cinquième. Dans tous les cas, la ville garantit un rendement minimum de 4 0/0, pour le capital engagé par la Compagnie.

L'eau est vendue moyennant une redevance annuelle de 18 francs pour un demi-hectolitre par jour, 25 francs pour 1 hectolitre, 50 francs pour 2 hectol. 1/2, 70 francs pour 5 hectolitres, 100 francs par mètre pour 1 à 2 mètres, au delà 80 francs par mètre.

Sur les extensions de canalisation, la ville a le droit de faire poser une borne-fontaine gratuite tous les 400 mètres.

La Compagnie assume toutes les charges d'entretien et d'exploitation. La ville n'a que l'entretien de l'adduction, réservoirs compris, qui coûte 27 000 francs par an.

L'opération a-t-elle été bonne pour la ville ? Comme le produit atteint 108 000 francs, il semble que non ; mais on peut se demander si elle aurait obtenu ce produit en exploitant par elle-même ? En réalité, elle n'a que la charge de l'intérêt des travaux d'adduction, puisqu'elle doit toucher sur les abonnements ce qui lui incombe en fonds d'entretien.

Le débit moyen est de 12 000 mètres cubes par jour, soit 220 litres par tête. Nous en ignorons les variations. Sous un climat humide elles peuvent ne pas être très étendues en année ordinaire.

Égouts. — Il y a un réseau complet avec collecteur sur la rive droite de la Vilaine et collecteur sur la rive gauche, réunis par un siphon avec un collecteur principal qui provisoirement se déverse dans la Vilaine.

Saint-Malo. *Double service : eau potable (drainages), eau non potable (étang) (1881).* 1° *Eau potable.* — Elle provient du drainage d'un plateau situé à Saint-Méloir-des-Ondes, à 8 kilomètres de la ville. — Quatre kilomètres de drains recueillent les eaux de 400 hectares ; en hiver on a 3 000 mètres cubes par jour, mais en été le débit est très variable ; il s'est maintenu parfois au-dessus de 300 mètres, mais il est descendu souvent à 160 mètres et, en 1893, il est tombé à 85 mètres.

Pour parer à cet inconvénient grave, on a créé sur la conduite

d'amenée 4 réservoirs contenant en tout 16 000 mètres cubes ; M. Humblot en a conseillé d'autres de 20 000 mètres cubes, afin d'emmagasiner pour les périodes sèches l'excédent des périodes pluvieuses.

Peut-être serait-il possible d'imiter dans une certaine mesure les serremments ou barrages exécutés à Bruxelles sur les aqueducs de captation, serremments dont nous avons exposé précédemment le mécanisme. La conduite forcée, d'amenée, en fonte, a 0^m,20 de diamètre et 8 kilomètres de long ; elle alimente, au point culminant de la ville, une cuve en tôle de 450 mètres et toutes les maisons sont bien desservies. Degré hydrotimétrique variant de 8 à 12.

2° *Eau non potable* (1891). — Réservee au service de la voirie, elle est prise dans un étang, creusé dans la vallée du Routhouan, d'une capacité de 40 000 mètres cubes ; elle est élevée à 30 mètres par une pompe Girard avec machine à vapeur de 15 chevaux. La conduite de refoulement, de 0^m,20, de 3 kilomètres de long, aboutit à une cuve en tôle de 350 mètres cubes placée aussi au point culminant de la ville et desservant un réseau spécial de conduites en fonte. Cette eau provient de terrains autrefois couverts par la mer, mais sa chloruration diminue ; son degré hydrotimétrique, qui était de 32, est tombé à 24 en été et à 18 en hiver.

L'installation de ce service a donné de bons résultats, il consomme 300 mètres par jour.

Il a coûté 150 000 francs ; le service d'eau potable 560 000.

La ville a un seul fontainier mécanicien, 2 400 francs, et un comptable à 1 000 francs.

Les recettes ont été de 4 500 francs en 1881, de 25 600 en 1894 ; elles croissent régulièrement de 1 600 francs par an. Service public 27 bornes.

On a l'intention de rendre le compteur obligatoire.

Redon. — La distribution d'eau est ancienne et fort incomplète ; pas de service privé.

Dol. *Sources* (1760). — Deux sources, à environ 3 kilomètres de la ville, sont amenées par une conduite libre en fonte de 0^m,08 à 0^m,10 dans un bassin central en granite, à air libre, de 15 mètres cubes, placé dans la grande rue. Le bassin central alimente quatre fontaines. Cette installation a été faite, il y a 150 ans, par les évêques de Dol ; les tuyaux en grès ont été remplacés en 1835 par des tuyaux de fonte, aujourd'hui en partie obstrués par la rouille. Débit 25 à 36 mètres par jour. Installation très insuffisante pour une ville de 3 500 habitants.

Fougères. *Sources* (1889). — Des sources, dont le bassin a besoin d'être protégé, sont amenées par une conduite de 0^m,20, libre ou forcée, de 2 170 mètres de long à un réservoir. La canalisation intérieure, tout à fait insuffisante comme diamètre, est défectueuse. Débit variant de 700 mètres cubes par jour en hiver (il y a même un trop-plein au départ) à 300 mètres cubes à l'automne ; en moyenne 400 mètres cubes. Les abonnements sont faits au compteur. Les recettes ont été : 1 500 francs en 1885, 6 200 en 1890 et 9 200 en 1894.

Antrain. *Source.* — Une source, située à 2 200 mètres du pays et à 14 mètres au dessus, est amenée par un tuyau en fonte qui a d'abord 0^m,081 sur 1 092^m,50, puis 0^m,068 sur 1 117 mètres. Il y a à l'origine un petit réservoir ou bêche de captation ; mais il n'y en a pas entre la conduite d'aménée et les bornes-fontaines. De plus, pour économiser les terrassements, on a laissé des points hauts sur les conduites. L'air s'y accumule parfois et arrête l'écoulement, surtout à l'époque des faibles débits ; il faut alors venir ouvrir la tranchée et faire dans le tuyau un trou par où l'air s'échappe en sifflant. On voit que des *ventouses* seraient nécessaires.

ISÈRE

Grenoble. *Sources, aqueducs et tuyaux en ciment* (1885). — Avant 1885, Grenoble était alimentée par diverses sources donnant un débit de 100 litres à la seconde et une charge réduite à 5 mètres ; cependant les abonnements s'élevaient à 41 000 francs.

En 1883, on résolut de capter les sources de Rochefort situées, à 40^{km},500 au sud de Grenoble, à l'altitude 246^m,30, débitant 600 litres à la seconde ; la ville étant à peu près horizontale, à l'altitude 211,50, la charge brute est de 35 mètres et la charge réelle disponible de 20 à 25 mètres.

La température des eaux varie de 10°,25 à 12°,50 ; elles marquent 17° à l'hydrotimètre et donnent 0^{gr},235 de résidu solide par litre : silice 0^{gr},011, calcaire 0,133, sulfate de chaux 0,062.

Les figures 1 à 4, planche 25, représentent les principaux ouvrages de l'adduction. Un aqueduc voûté, de 1 mètre de large et 1^m,80 de haut, de 420 mètres de long, amène les eaux à une chambre d'où part un aqueduc ovoïde en ciment de 1^m,60 de haut, 1^m,10 de large et 1 375 mètres de long. Viennent ensuite deux conduites forcées de 0^m,70 de diamètre, partie en fonte, partie en ciment, qui alimentent directement un réseau de distribution de 34 676 mètres de long en

conduites d'un diamètre variant entre 0^m,60 et 0^m,04. Ces conduites sont presque uniquement en fonte.

Les conduites forcées traversent le torrent du Drac près du pont de Claix en siphon et sont logées dans deux puits raccordés par une galerie horizontale ; le puits rive gauche a 35^m,92 de profondeur, l'autre, 28^m,63 et la galerie 77^m,51. La galerie est à 10 mètres sous le lit du torrent, en plein rocher avec revêtement en béton de ciment ; il y a eu quelques difficultés pour l'épuisement dans l'un des puits. La galerie a la forme d'une ellipse aplatie de 3^m,02 de grand axe et de 1^m,80 de petit axe vertical. Le siphon, sans les tuyaux en fonte, a coûté 75 300 francs.

Les conduites forcées de 0^m,70 en ciment ont une épaisseur de 0^m,10, 0^m,16, 0^m,20, 0^m,30 pour des pressions de 5, 8, 10, et 15 mètres d'eau.

La ville a pris à sa charge les branchements et les colonnes montantes chez les particuliers.

Le volume d'eau disponible, 700 litres à la seconde, donne 60 480 mètres cubes par jour.

Le service coûte 19 000 francs par an : 1 directeur, 1 inspecteur, 3 cantonniers, 1 expéditionnaire, 1 maçon et 2 aides.

On ne pouvait créer de réservoir ; c'est l'aqueduc lui-même et les conduites qui le constituent.

Il y a, du reste, une telle abondance d'eau qu'il y a 417 bornes-fontaines à écoulement continu et 4 grands effets d'eau.

De la sorte, les variations de pression dues au service privé sont faibles et les coups de bélier sans importance.

Le prix du mètre cube d'eau est fixé à 0^r,055 ; il n'en existe guère d'aussi réduit.

Progression des recettes : 1870, 15 600 francs ; 1875, 22 000 francs ; 1880, 31 000 francs ; 1885, 41 000 francs ; 1887, 110 000 francs ; 1890, 166 000 francs ; 1892, 185 000 francs ; 1893, 196 000 francs ; 1895, 227 000 francs. La consommation industrielle est considérable.

Malgré le volume d'eau considérable contenu dans l'aqueduc d'amenée, malgré l'énorme débit disponible, il arrive encore qu'aux heures de grande consommation d'été la pression fait défaut dans les parties hautes des maisons. L'absence de réservoirs régulateurs se fait donc sentir même dans les circonstances particulièrement favorables que l'on rencontre à Grenoble.

Les travaux de Grenoble ont été exécutés il y a une dizaine d'années en adoptant pour l'épaisseur des tuyaux en ciment la valeur $\frac{H \cdot D}{30}$ (H la charge d'eau en mètres et D le diamètre). Le dosage admis pour un mètre cube est : 500 kilogrammes ciment, 0^m,500 de sable, 0^m,900 gravier.

En comptant la fonte à 18^{fr},20 les 100 kilogrammes, le ciment à 6^{fr},75, le sable et le gravier à 3^{fr},50 le mètre cube, on a trouvé à Grenoble que les conduites en fonte revenaient à 0^{fr},84 par centimètre de diamètre, tandis que les conduites en ciment :

Pour pressions de 0 à 5 mètres	coûtaient	0 ^{fr} ,17	par centimètre de diamètre
—	5 à 10	—	0,28
—	10 à 15	—	0,44

En réalité le prix de la fonte est aujourd'hui beaucoup moindre, et l'écart s'atténuerait, si bien qu'en beaucoup de pays la fonte serait plus économique pour des pressions supérieures à 10 mètres.

Pour pressions de 0 à 5 m.,	les tuyaux en ciment	pèsent le double de ceux en fonte
—	5 à 10	— le triple
—	10 à 15	— le quintuple

Dans ce dernier cas, il est certain que l'on peut avoir aujourd'hui presque partout le tuyau de fonte à un prix peu différent de celui du tuyau de ciment.

Bourgoin. *Sources, conduites en ciment* (1872). — Les sources des Prés, situées sur la rive gauche de la Bourbe, à 5 kilomètres de la ville, degré hydrotimétrique 24°,5 tombant à 0°,05 après évaporation, ce qui indique la présence du bicarbonate et la propension aux incrustations, sont recueillies dans une prairie par des aqueducs de drainage et amenées à un aqueduc-filtre de 50 mètres de longueur, rempli de cailloux, qui les déverse dans une citerne. Conduite d'adduction en tuyaux de ciment de 0^m,30 de diamètre, pente moyenne 0^m,002, aboutissant à 10 mètres au-dessous du point de départ. Le débit disponible aux sources peut atteindre 4 800 litres à la minute, mais on n'en prend que 2 000, la conduite ne pouvant amener davantage, soit 2 880 mètres cubes par jour.

Bourgoin alimente une commune voisine.

Rachat de la concession. — La ville de Bourgoin avait, en 1872, donné l'établissement des eaux à un concessionnaire, qui avait la faculté de vendre à perpétuité 1 000 litres à la minute, c'est-à-dire la moitié du débit, et de céder par abonnement, pendant 22 ans, 500 litres, en en laissant 500 à la ville. Celle-ci a fait une affaire désastreuse ; les 1 000 litres ont été vendus à 193 particuliers, à raison de 300 francs en moyenne, et la ville a, de plus, racheté la concession en 1891 pour une somme de 50 000 francs ; auparavant, elle payait même une redevance annuelle de 1 000 francs au concessionnaire.

Service public : 60 bornes à écoulement continu, donnant 9 litres à la minute. Si l'on tient compte de l'eau vendue, le débit serait de 266 litres et non de 133 par tête et par jour.

Vienne. *Sources, aqueduc romain, machines élévatoires.* — L'eau des sources éloignées arrive à Vienne par un aqueduc romain, de 4^m,35 de haut sur 0^m,85 de large, qu'on peut visiter à l'aide d'un petit bateau ; il a été restauré récemment sur 7 kilomètres et on a dépensé 30 000 francs par kilomètre. Cet aqueduc, formant lui-même réservoir, alimente la ville basse ; on a établi des machines élévatoires qui y prennent l'eau également pour la refouler dans un grand réservoir sur le plateau de Sainte-Blandine, qui domine la ville.

On estime que le produit des abonnements serait plus élevé avec un concessionnaire.

Voiron, Rives. *Adduction de sources, concessionnaire.* — Ces deux villes ont imité Bourgoin, elles ont traité avec un concessionnaire.

A Rives, celui-ci est propriétaire d'une source qu'il a amenée par tuyaux de ciment. Il vend l'eau à raison de 300 francs le litre à la minute, et il la loue à raison de 15 francs par an pour 1 litre à la minute. La ville a loué pour ses fontaines 80 litres à la minute et paye 1 200 francs de redevance annuelle ; elle alimente 14 fontaines publiques desservant 1 000 habitants. La commune est, de son côté, propriétaire d'une autre source qui alimente le service public de 2 000 habitants.

A Voiron, la solution est la même : une source donnant 700 litres à la minute en septembre et 1 500 litres en temps ordinaire est amenée par tuyaux de ciment ; la ville a droit gratuitement à 500 litres.

Ces traités sont moins onéreux que ceux de Bourgoin ; mais il nous semble que l'aliénation définitive d'une grande partie du volume d'eau disponible est toujours dangereuse.

Bourg-d'Oisans. *Source, machine hydraulique (1887).* — Une source puissante, sortant au pied de la montagne, à 1 500 mètres du bourg, met en mouvement une roue hydraulique et une pompe qui relève à 50 mètres de hauteur une partie des sources. Le réservoir alimente un réseau en fonte ; pour empêcher le gel en hiver, il y a un petit écoulement continu aux fontaines publiques. Les machines ont coûté 5 000 francs et le réservoir 12 000 ; on élève 5 litres à la seconde. L'entretien est fait par abonnement à 600 francs par an. Les abonnements n'ont commencé que le jour où on a réduit de moitié le prix de vente.

Domène. *Source, tuyaux de ciment* (1888). — Domène, à l'altitude 250 mètres, reçoit des sources partant de l'altitude 1 142. De leur origine elles descendent à 584 mètres par une conduite en ciment de 0^m,19 à 0^m,13 et de 4 580 mètres de long, avec regards brise-charge échelonnés de telle sorte que la pression d'eau dans les tuyaux ne dépasse jamais 30 mètres. De l'altitude 584 part une conduite forcée en fonte de 0^m,135 et 2 500 mètres de long qui conduit l'eau à une usine et y fait mouvoir une turbine ; l'usine paye 1 000 francs en argent de redevance annuelle à la commune, plus l'éclairage électrique estimé 3 000 francs. De l'usine, les eaux s'engagent dans l'ancienne distribution en ciment que l'on remplace peu à peu par des tuyaux en fonte.

Les eaux très pures, ne renfermant que des traces de calcaires, ont à l'origine une température constante de 4° 1/2 et atteignent 7° en moyenne dans la ville.

Service public : lavoir et 50 bornes à écoulement continu.

Saint-Jean-de-Bournay. *Source, tuyaux de ciment.* — La conduite d'adduction en ciment a 0^m,18 de diamètre, 0^m,12 d'épaisseur, 2 100 mètres de long, 18 mètres de charge maxima. Les abonnements se font au robinet de jauge, et les robinets sont placés dans des boîtes accessibles de la voie publique.

Pour diminuer la dépense, on a *vendu à perpétuité* 201 litres d'eau à la minute, à raison de 100 francs le premier litre, avec progression décroissante. Il n'y a plus d'eau à aliéner, mais les premiers acquéreurs en cèdent à 500 francs le litre.

L'aliénation a donc été une mauvaise opération.

Les Avenières. *Source, vente de l'eau par un concessionnaire.* — Des eaux ont été prises par un concessionnaire, à 14 kilomètres de là, et amenées par une conduite en ciment. La source lui appartient. Il vend à perpétuité le litre à la minute à raison de 400 à 700 francs, et il le donne en abonnement à raison de 20 à 30 francs par an. Dans un délai de 20 ans, les acquéreurs, organisés en syndicat, deviendront propriétaires et chargés de l'entretien du tout. Il eût mieux valu créer un syndicat pour l'opération elle-même dès l'origine ; malheureusement la création de ces associations est extrêmement difficile.

Morestel. *Source appartenant à un concessionnaire.* — Il a amené une source par un tuyau en ciment de 0^m,12 et 4 kilomètres. Il a vendu 60 litres à la minute aux particuliers à raison de 500 francs ; il a huit abonnements à 25 francs par an ; il a vendu 40 litres à la minute

à la commune pour 10 000 francs. La dépense première a été de 35 000 francs pour un débit continu de 130 litres à la minute. A la fin de la concession, les acquéreurs s'organiseront en syndicat.

Mens, Vif, Varces. *Source, conduites en poterie et en ciment.* — Ces trois communes sont alimentées par des sources qui arrivent par la gravité à l'aide de conduites libres ou forcées en poterie ou en ciment. Les tuyaux en poterie sont remplacés progressivement. Les tuyaux en ciment ont donné quelques fuites au début et quelques coups de bélier. Bien que le service public soit très large, le produit des abonnements du service privé est en progression.

LANDES

Mont-de-Marsan. *Sources, turbine (1884), moteur à gaz (1894).* — Depuis longtemps la ville avait acquis, dans son enceinte même, les sources qui naissent au pied du rocher calcaire et qui proviennent des infiltrations dans le sable des Landes et dans le calcaire qu'il recouvre, infiltrations arrêtées par l'argile sous-jacente. Eaux pures, limpides, température constante, fraîches en été, tempérées en hiver, degré hydrotimétrique 14, résidu solide 0^{gr},230 par litre; excellentes eaux potables. Débit 76 litres à la seconde. Ces eaux alimentent une chute de 5^m,30 qui actionne une turbine horizontale de 4 chevaux; celle-ci fait mouvoir des pompes, à course variable, dont le débit varie de 5^{lit},42 à 9 litres par seconde, soit 470 à 780 mètres cubes par jour, élevés à 35^m,20 au-dessus des sources dans un réservoir de 1 200 mètres cubes en maçonnerie, établi en déblai avec une profondeur d'eau de 2^m,50.

La conduite de refoulement commence par un diamètre de 0^m,216 sur 300 mètres à partir de l'usine, puis elle prend un diamètre de 0^m,30 sur 900 mètres, parce qu'elle devient en même temps *conduite de distribution*. On n'est pas satisfait de cette combinaison qui n'assure pas suffisamment le renouvellement de l'eau du réservoir. Il est certain que, pour une longueur relativement faible, la double conduite eût été préférable.

Un moteur à gaz supplémentaire, de 16 chevaux-vapeur, a été établi en 1894 et peut refouler 1 200 mètres cubes en 24 heures, deux fois ce que donne la turbine. On en est très satisfait. Il a coûté 61 000 francs.

La concession de l'exploitation avait été donnée en 1884 à une Compagnie; la ville a *racheté la concession* en 1888 pour 100 000 francs.

Service public : 17 bornes-fontaines, 72 bouches d'arrosage fonctionnant par intermittences en été. Service insuffisant.

Dax. *Adduction de sources anciennes* (1891). — Une ancienne adduction de source, opérée par un aqueduc en maçonnerie suivi d'un tuyau en fonte de 0^m,108, ne donnait plus rien, parce que des fuites s'opéraient par l'aqueduc et que le tuyau en fonte était obstrué par les sédiments. L'absence de réservoir ne permettait même pas d'emmagasiner le débit continu des sources. On a substitué à la conduite forcée un aqueduc libre en prolongement de celui qui existait et qui a été réparé; on a établi à l'extrémité de l'aqueduc un réservoir de 200 mètres, où on a amené également une autre source captée. Le projet a été dressé par M. de Saint-Romas, ingénieur des Ponts et Chaussées.

La pression fait malheureusement défaut pour desservir certains quartiers. On a dépensé 57 000 francs seulement. En été, le débit tombe à 45 mètres cubes par jour, il est même descendu à 38. C'est insignifiant pour une ville de 6 000 âmes.

Roquefort. *Source, adduction par tuyaux de fonte.* — Une source est amenée par une conduite de 0^m,05 de 1 200 mètres de long, qui est en même temps distributrice, à un réservoir de 128 mètres cubes, d'où part une conduite de distribution de 0^m,08 de 1 000 mètres de long. La charge d'eau disponible est très faible. Les conduites paraissent d'un trop faible diamètre. Dépense 13 150 francs pour un débit de 108 mètres cubes par jour pour 1 400 habitants. Produit 600 francs.

LOIRE

Saint-Étienne. *Sources, réservoirs, adduction par la gravité.* — Nous avons décrit précédemment la distribution d'eau de Saint-Étienne.

Par suite du manque d'eau, la consommation n'a pu s'accroître depuis 1889; elle est restée de 22 200 mètres cubes par jour, non compris l'eau employée pour distribution de force motrice à domicile.

Cependant le produit des abonnements a été sans cesse croissant :

1871.....	157 000 fr.	1885.....	352 000 fr.	1893.....	441 000 fr.
1875.....	221 000	1890.....	397 000	1894.....	454 000
1880.....	326 000	1892.....	421 000	1895.....	462 000

Service public : 350 bornes-fontaines, 2 000 bouches, 125 kilomètres

de canalisation. Service privé : 6 201 abonnés y compris les industriels, dont 1 525 au robinet de jauge, 913 avec compteurs aux particuliers, 1 398 avec compteurs à la ville, 2 365 à robinet libre.

Égouts. Il y a un réseau complet. Le *tout à l'égout* est pratiqué. La rivière Le Furens, qui traverse la ville, est le collecteur ; elle est couverte sur 2 050 mètres de long. A l'aval elle fait mouvoir quelques usines et surtout ses eaux sont utilisées pour l'irrigation de prairies importantes et de grande valeur.

Montbrison. *Eau de rivière.* — L'eau du Vizézy est prise dans un bief d'usine à 2 kilomètres en amont de la ville et amenée dans un réservoir de 1 400 mètres cubes. Mais la décantation est insuffisante et la canalisation de petit diamètre est obstruée par les dépôts ; il eût fallu se ménager des robinets de décharge pour exécuter de temps en temps des chasses énergiques.

Recettes : 2 522 francs en 1880, 5 073 en 1890, 5 950 en 1894.

Service public : 35 bornes et 60 bouches.

Égouts. — Réseau complet avec le *tout à l'égout*. L'eau surabondante de la distribution entraîne les matières qui se rendent dans le Vizézy à 1 kilomètre en aval ; celui-ci sert à l'irrigation.

Saint-Galmier. *Sources* (1861), *barrage-réservoir* (1891). — Depuis 1861, on recevait dans un réservoir de 200 mètres cubes des sources provenant du drainage d'un bassin de 40 hectares, donnant 45 mètres par jour en temps ordinaire et seulement 5 mètres cubes à la suite de sécheresses prolongées.

On a terminé en 1891 un barrage-réservoir en travers de la vallée du ruisseau le Vérut. Barrage en maçonnerie de 20^m,20 de hauteur ; hauteur maxima de la retenue d'eau 15 mètres ; le réservoir plein tient 150 000 mètres cubes.

Un bassin de distribution à deux compartiments, de 500 mètres cubes de capacité totale, a été établi en tête de la distribution en ville.

La qualité des eaux laissant à désirer par suite du faible débit du ruisseau alimentant le réservoir, on a construit un filtre à sable d'une surface de 75 mètres carrés.

Ce filtre donne de bons résultats pendant dix mois de l'année ; mais pendant deux mois que durent les grandes chaleurs, les eaux du fond du barrage prennent une forte odeur sulfhydrique que le filtrage réduit mais ne peut faire disparaître complètement. Pour remédier à cet inconvénient, il faudrait filtrer *très lentement*, mais alors le débit serait insuffisant.

Les eaux du barrage sont, pendant les grandes chaleurs, meilleures

à la surface qu'au fond ; cela tient à la décantation qui s'opère dans la masse des eaux. Cette observation a amené la municipalité à faire installer un appareil décanteur qui, l'été, prendra dans la masse d'eau du barrage, au niveau qui sera jugé le plus convenable, l'eau à diriger sur le filtre. Le filtre ne recevant plus que des eaux décantées donnera de meilleurs résultats. Le décanteur sera posé incessamment.

Le barrage a coûté 200 000 francs, les réservoirs et compléments de canalisation 40 000 francs, le filtre 20 000 francs.

On assure 150 litres par tête et par jour à une population de 2 000 habitants ; soit une consommation de 300 mètres cubes par jour. Il faudrait un filtre de surface double ou triple.

Saint-Just-sur-Loire. *Sources.* — Il y a deux captations différentes, l'une de sources naissant en terrain marécageux qui donnent de mauvaise eau et l'autre de bonne qualité. Deux réservoirs distincts de 150 mètres cubes et de 100 mètres cubes. Il n'y a qu'un service public de 8 bornes pour 1 200 habitants ; le débit peut tomber à 1 litre à la seconde.

Saint-Marcellin. *Eau de rivière.* — La prise d'eau est établie sur la rivière la Mare, à 2^k,500 du bourg, à l'aide d'un petit barrage en maçonnerie de 1 mètre de hauteur, qui refoule les eaux dans un réservoir de 300 mètres d'où part la conduite.

L'eau est chaude en été, glaciale en hiver. Dépense 43 000 francs. Le garde champêtre est fontainier. Débit 172 mètres cubes par jour pour 1 500 habitants ; 7 bornes-fontaines et 7 bouches.

Rochetaillée. *Eau de rivière (1894).* — Un aqueduc maçonné de 0^m,40 sur 0^m,50 et de 12 mètres de long prend l'eau dans la berge du ruisseau des Echeneaux, à 1 500 mètres de sa source, et l'amène dans un petit bassin voûté de 1^m,50 sur 3 mètres, d'où part une conduite en plomb de 400 mètres qui alimente deux bornes-fontaines.

L'eau traverse des matières filtrantes avant d'entrer dans la conduite. Un filtrage de ce genre ne peut évidemment servir qu'à arrêter les plus grosses matières solides. Dépense 1 500 francs.

Planfoy. *Source (1894).* — Une source, à 800 mètres de distance et à 30 mètres au-dessus du village, captée dans un puits carré de 0^m,75 de côté et de 1^m,60 de profondeur, est amenée par une conduite en fonte de 0^m,055 à deux bornes et à un lavoir. Dépense 7 000 francs. 300 habitants.

Lorette. *Adduction de source* (1892). — Les puits anciens ont été asséchés par des exploitations de houille. On a capté une source à 1 600 mètres du bourg.

La chambre de captage, de 40 mètres carrés de superficie, est constituée en partie par un barrage en maçonnerie, en arc de cercle de 6^m,65 de rayon et de 15 mètres de développement, fondé à une profondeur suffisante pour prendre tout le débit de la source. La chambre naturelle ainsi englobée a été creusée, agrandie, garnie de pierres cassées et recouverte d'une couche d'argile imperméable pour arrêter les eaux de surface.

Au centre de la pierrée est un puits de décantation, en béton de ciment moulé sur place, diamètre 1^m,50, hauteur 1^m,90, épaisseur 0^m,25 ; il reçoit les eaux par les barbacanes du pourtour. Par un tuyau en fonte de 0^m,25 elles passent dans un bassin de distribution de 200 mètres qui alimente la conduite principale de distribution de 0^m,20. Celle-ci est liée directement à la conduite de 0^m,25 afin que le service puisse se faire sans le bassin lorsqu'on le répare ou qu'on le nettoie.

L'eau est excellente et pure ; elle marque seulement 2°,7 et ne renferme que 0^{gr},055 de résidu fixe par litre.

Boën-sur-Lignon. *Drainages* (1850). — Trop peu profonds, mal garantis des infiltrations superficielles, établis en partie dans un terrain planté de vignes et par suite très fouillé, ces drainages donnent une eau d'une pureté douteuse. Elle est recueillie dans un bassin de 400 mètres qui alimente un réseau en fonte. Dépense 35 000 francs. Débit 14 à 36 mètres cubes par jour pour 1 100 habitants desservis : 4 bornes et 6 bouches d'arrosage.

Chazelles-sur-Lyon. *Sources et drainages* (1891). — Des sources et des eaux de drainage recueillies par des rigoles souterraines sont conduites à la ville, par un aqueduc de 5 435 mètres de long avec pente uniforme de 0^m,00037, dans un réservoir de 2 000 mètres cubes à deux compartiments.

L'eau est bonne, mais en temps de sécheresse il faut rationner les habitants ; car le débit, qui est de 800 mètres cubes en temps normal, est déjà tombé à 192 mètres cubes en octobre 1894. C'est peu pour 4 500 habitants.

Service public : 24 bornes et 20 bouches.

Égouts. — On pratique le tout à l'égout ; les récepteurs sont les fossés et cours d'eau à l'aval de la ville.

LOIRE (HAUTE-)

Le Puy. *Adduction de sources* (1865). — Les sources de Vourzac sont amenées par une conduite de 0^m,30 de 7 500 mètres de long dans un grand réservoir dominant la ville. On avait d'abord établi une partie de la rigole d'amenée en maçonnerie, mais on l'a remplacée ensuite par un tuyau de fonte.

Jusqu'en 1894, on disposait de 3 200 mètres cubes par 24 heures ; mais les propriétaires du voisinage des sources ont exécuté des travaux qui ont *détourné* une partie considérable du débit. Il va falloir procéder à des expropriations.

En pareil cas, une ville devrait toujours se rendre propriétaire du bassin d'alimentation de ses sources, afin de créer une zone de protection.

Recettes : 1866, 2 000 francs ; 1874, 5 000 francs ; 1880, 17 000 francs ; 1885, 22 000 francs ; 1883, 27 000 francs ; 1894, 30 000 francs. L'augmentation tient à l'extension de la canalisation. La pénurie actuelle force à ne plus délivrer d'abonnements.

Saint-Paulien. *Sources.* — On a capté trois bonnes sources pures et limpides à 2 kilomètres du bourg. En avant de chacune on a construit un barrage en maçonnerie, de 0^m,50 de hauteur, qui reçoit à sa base le tuyau d'abduction ; le bassin de la source a été déblayé et nettoyé, le fond et les parois ont été maçonnées ; le bassin a été recouvert d'une pierrée de 1 mètre de hauteur recouverte d'un corroi d'argile de 0^m,15 arrosé au lait de chaux.

Du puisard de jonction part la conduite en fonte de 0^m,08, de 463 mètres de long avec 11 mètres de chute, qui aboutit à un réservoir de 120 mètres cubes.

La conduite de distribution de 0^m,08 dessert 6 fontaines publiques avec abreuvoirs et bassins. Dépense 34 173 francs, y compris 4 600 francs pour une fontaine monumentale à vasque avec naïade. Débit 115 à 192 mètres cubes par jour pour 1 200 habitants. On pourrait établir un service privé.

Vorey. *Source.* — Une source, qui alimente une grande fontaine sur la place publique, est recueillie dans une chambre de 5 mètres cubes. L'eau s'en allait par une conduite en poterie, souvent obstruée ; on l'a remplacée par une conduite en fonte de 0^m,05.

Yssingeaux. Sources. — Des sources, sortant de rochers volcaniques, à 102 mètres au-dessus du point bas de la ville, sont captées au moyen de trois drains à pierres sèches, disposés en éventail. Les eaux réunies traversent un barrage d'épuration en pierres sèches et gagnent un réservoir qui, par un déversoir régulateur, alimente la conduite. Pendant 10 mois on ne prend qu'une partie de l'eau. La conduite d'aménée, de 3 260 mètres de long, 0^m,10 de diamètre, est *en poterie*, avec cinq regards ; elle débouche dans un réservoir cylindrique de 10 mètres de diamètre, 2^m,20 de profondeur, capacité 170 mètres cubes, construit en maçonnerie avec calotte en moellons smillés.

Les conduites de distribution, en terre cuite et en fonte, alimentent 3 fontaines à jet continu avec bassins et 12 bornes-fontaines.

Pas de service privé. La conduite d'aménée est insuffisante pour prendre toute l'eau disponible.

Débit : 570 mètres cubes par jour pendant 10 mois, 300 mètres cubes en août et septembre pour 3 279 habitants. Dépense première 65 000 francs.

Diverses communes de l'arrondissement captent des sources par des *tuyaux en poterie* et les amènent à des fontaines publiques, généralement à jet continu.

Montfaucon. Sources. — L'eau est amenée par une conduite en *poterie* vernissée de 3 929 mètres de long, de 0^m,058 à 0^m,093 de diamètre, à un réservoir de distribution.

Tence. — Trois sources, recueillies dans des regards en maçonnerie, sont amenées par des tuyaux de plomb dans un petit réservoir d'où part une conduite de distribution en fonte de 400 mètres de long et de 0^m,035 de diamètre ; trois fontaines et trois bornes pour 1 500 habitants. Dépense 20 000 francs.

Retournac. Source (1872). — La source, sortant du trachyte, est arrêtée par un barrage en maçonnerie ; l'eau passe dans deux petits réservoirs où elle se décante et de là dans une conduite de 0^m,08 en tuyaux et manchons de *terre cuite* d'Olwiller. La conduite, à la traversée de la Loire et de la voie ferrée, est logée dans un petit aqueduc ; elle se termine à un réservoir de 108 mètres cubes dominant le bourg. La distribution est en fonte. Trois fontaines à jet continu avec bassin circulaire et cinq bornes. Dépense 37 700 francs. Débit 280 à 350 mètres cubes pour 1 236 habitants. Le système adopté n'a donné lieu à aucun mécompte et fonctionne bien.

Brioude. *Galerie filtrante, conduite en ciment et en poterie* (1875).

— Le captage a lieu, à 14 kilomètres de Brioude, dans un affluent de l'Allier, par une galerie établie à travers le lit de la rivière, avec puits de visite à chaque extrémité. Les eaux sont amenées à un réservoir situé à 1 kilomètre de la ville par une conduite en ciment, sans pression, sauf à la traversée de l'Allier qui s'effectue en siphon sur un pont. Les ouvrages d'art à la traversée des ravins sont peu importants.

La distribution en ville se fait par *tuyaux en poterie* Zeller.

Les *cassures* y ont toujours été très nombreuses et très coûteuses à réparer, on a voulu supprimer les coups de bélier en remplaçant les bornes par des écoulements à jet continu, on a multiplié les ventouses, sans grand effet. Les cassures se produisent toujours à peu près aux mêmes endroits, les jours de grand froid ou de grande chaleur. Elles tiennent donc surtout à l'insuffisance d'élasticité des conduites ; les variations de température de l'eau sont grandes, le jeu de la dilatation détermine des fissures imperceptibles qui donnent lieu à des ruptures lorsqu'un choc (passage d'un lourd chargement) ou un coup de bélier se produisent ; les fissures sont quelquefois indiquées à l'extérieur du tuyau par un léger chevelu. On substitue la fonte à la poterie.

L'eau est abondante, mais de température variable, atteignant 16° en été. Dans la galerie il y a des barbicanes qui donnent de l'eau fraîche ; ce sont celles qu'alimente la nappe souterraine ; peut-être, dit l'ingénieur de la ville, améliorerait-on la prise en créant une galerie longitudinale de captation dans un banc de gravier qu'on trouve à l'amont le long de la rivière.

La multiplicité des robinets à jet continu fait perdre beaucoup de pression en ville et l'eau ne dessert que les rez-de-chaussée.

Débit 650 à 750 mètres cubes pour 4 928 habitants.

La captation et la conduite d'aménée en ciment ont coûté 240 000 francs. Il semble que, pour le débit dont il s'agit, on pourrait aujourd'hui pour ce prix faire une conduite en fonte.

Paulhaguet. *Galerie de captation, drainage.* — On a recueilli les eaux d'infiltration d'un plateau basaltique à l'aide d'une tranchée de 6 mètres de profondeur, 3 mètres de large, 100 mètres de long, pratiquée à flanc de coteau à 10 mètres environ de l'arête du plateau. Au fond de la tranchée on a construit un aqueduc voûté de 0^m,80 de larg et 1^m,80 de haut, accessible par des regards ; le piédroit aval reposant sur la roche imperméable est étanche, celui d'amont est à pierres sèches sur 0^m,50 de hauteur.

L'existence de la nappe se révélait par des suintements à flanc de

coteau. D'autres sources ont été captées par le même procédé. La conduite d'amenée, de 1 700 mètres de long, avec 1^m,60 de charge totale, traverse une vallée en siphon et aboutit à un réservoir dominant la ville; elle comporte des ventouses tous les 300 mètres.

L'eau, souvent boueuse, traverse un bassin-filtre avant de s'engager dans la distribution. Elle est peu abondante : 79 à 100 mètres cubes par jour pour 1 500 habitants. Il y a 3 fontaines à jet continu et 3 bornes.

LOIR-ET-CHER

Blois. *Eau de rivière, bacs filtrants, machines à vapeur* (1852). — L'eau est prise dans des caisses en bois placées dans un banc de sable du lit de la Loire et amenée dans des puisards construits sur la berge. Elle est refoulée par machines à vapeur horizontales avec pompes Girard dans un réservoir, à 63 mètres plus haut.

Les eaux ne marquent que 12 à 14° à l'hydrotimètre.

On estime que le service public, quoique insuffisant, nuit au développement du service privé. Un nouveau projet est à l'étude.

Le produit, qui est de 62 000 francs, était de 34 000 francs en 1874 et de 46.000 en 1884.

Mondoubleau. *Eau de rivière, béliers hydrauliques* (1884). — Alimentée autrefois par des puits et des citernes, cette ville reçoit maintenant l'eau de la rivière la Grenne, prise à l'amont de la ville, dans un bief, au-dessus duquel n'existe aucune cause sérieuse de contamination.

Deux béliers hydrauliques utilisent chacun une chute de 3^m,80 et un débit de 37 litres à la seconde; par un tuyau de 0^m,10, de 410 mètres de long, chacun élève à 38^m,50 un débit de 2^{lit},315 par seconde, soit 200 mètres cubes par jour.

Le rendement mécanique serait de 0,63.

En 1894, on a exécuté un forage afin de substituer l'eau de puits à l'eau de rivière.

Orchais. *Nappe souterraine, bélier hydraulique* (1886). — Un cours d'eau souterrain, débouchant au pied du coteau qui domine le bourg, a été barré; l'eau est calcaire et se conserve mal pendant les chaleurs. Du barrage part un tuyau qui alimente le bélier. Chute 10 mètres; dépense d'eau 1^{lit},8 par seconde en temps ordinaire; on refoule 0^{lit},23 à 46^m,75 de hauteur et à 470 mètres de distance dans un réservoir de

141 mètres cubes placé au-dessus du sol. Le réservoir alimente 2 bornes et une pompe placée au-dessus de lui. La pression n'est pas suffisante. Le débit est de 20 à 30 mètres cubes par jour pour 352 habitants. Dépense 18 150 francs, entretien 125 francs.

Le rendement du bélier serait de 0,59.

LOT-ET-GARONNE

Agen. *Galerie filtrante, turbine* (1869). — A 80 mètres environ de la Garonne on a établi une galerie filtrante de 35 mètres de long, 2^m,20 de large, 5 mètres de haut ; elle repose sur le tuf et traverse les alluvions de graviers. Eaux limpides, fraîches, un peu dures ; degré de dureté variable suivant la proportion dans laquelle l'eau venue du fleuve se mélange à celle des coteaux calcaires dominant de 100 mètres la vallée de la Garonne resserrée en cet endroit.

Dans les grandes crues du fleuve, la prairie qui contient la galerie est submergée et celle-ci reçoit des eaux louches.

L'eau prise à une fontaine à 1 kilomètre du réservoir a été analysée en 1895, par le Dr Pouchet. Résidu sec par litre 0^{gr},267 ; silice 0^{gr},008, chaux 0,093, magnésie 0,013, acide sulfurique 0,022, chlorure de sodium 0,028. Degré hydrotimétrique total 20°, permanent 5°. Cette eau renfermait 1 220 germes aérobies au centimètre cube, tandis que l'eau prise au château d'eau n'en renfermait que 600. Aucune espèce pathogène. Eau de bonne qualité.

La ville se propose cependant de pratiquer une prise à l'amont de la ville, dont les eaux seront amenées au puisard de la prise actuelle sise à l'aval qui sera conservée ; cette solution aura pour but d'augmenter la quantité et non la qualité.

Le canal latéral à la Garonne franchit ce fleuve par un pont-canal, à l'aval d'Agen, et au-dessus de la prairie de la galerie. On a pratiqué au canal une prise de 666 litres à la seconde, qui actionne deux roues turbines à axe horizontal de 7 mètres de diamètre, ayant coûté 50 000 francs avec leurs pompes. Le refoulement se fait à 40 mètres plus haut dans un réservoir de 3 350 mètres cubes à flanc de coteau.

La chute est diminuée en temps de crue, et le débit de la galerie diminue au moment de la consommation maxima.

Le minimum du volume élevé par jour serait de 3 000 mètres cubes ; en effet, en août 1891, consommation maxima de l'année, on aurait fourni 88 000 mètres cubes, ce qui fait un peu moins de

3 000 mètres cubes par jour, pour 18 000 habitants, soit 166 litres par tête et par jour.

Ce taux devrait suffire pour une bonne alimentation ; cependant on se plaint de l'insuffisance du débit, et il paraît que l'arrosage public est très réduit ; les bouches sous trottoirs fonctionnent rarement ; le service privé ne fonctionne en été que de 7 heures à midi et de 5 heures à 9 heures du soir.

Donc, si réellement on élève les cubes annoncés, il y a gaspillage excessif en certains points, ou il existe des fuites considérables dans la canalisation. La concession des eaux motrices entre pour 7 000 francs dans la dépense annuelle.

Égouts. — Des égouts, anciens ruisseaux voûtés ou à ciel ouvert, reçoivent les eaux usées et même le produit des cabinets d'aisances des maisons voisines ; le collecteur est le ruisseau la Masse, alimenté par le canal latéral, et donnant par ses eaux la force motrice à plusieurs usines. Il se déverse dans la Garonne, dont le débit est relativement très considérable. La situation n'entraîne pas d'inconvénient grave et est moins mauvaise qu'elle ne le paraît au premier abord.

Nérac. *Puits et sources.* — La ville est construite en partie sur un banc calcaire à la base duquel on trouve une nappe où s'alimente des puits publics et des fontaines jaillissantes. — La source du Griffon, sortant du calcaire gris qui couronne les plateaux voisins, alimente un petit réseau spécial et quelques bornes ; elle marque 33°. Toutes ces eaux sont potables, quoique médiocres et troubles après de fortes pluies. Service insuffisant.

Villeneuve-sur-Lot. *Eau de rivière, turbines (1873).* — On prend l'eau du Lot, qui est pure et marque 11 à 14° à l'hydrotimètre.

Une dérivation de la rivière actionne deux turbines de 18 chevaux, actionnant chacune trois pompes à simple effet de 0^m,253 de diamètre et de 0^m,40 de course. Chaque turbine a pour ses pompes un réservoir à air comprimé, et il y en a un autre à la base de la conduite de refoulement de 0^m,35 de diamètre ; on refoule 20 litres par seconde à 30 mètres environ de hauteur.

Les crues du Lot, du reste de faible durée, arrêtent les machines.

Un réservoir de 588 mètres cubes, le tiers du volume qui peut être élevé par jour, est établi vers l'arête du second plateau de la vallée ; il est en saillie sur le sol, construit en maçonnerie, avec 3 mètres d'eau. Il ne donne pas une pression suffisante : l'eau ne monte qu'au 1^{er} étage des maisons.

La canalisation est en fonte ; on y trouve quelques dépôts limoneux.

Avec une turbine on obtient 1 728 mètres cubes par jour ; avec les deux on double presque le débit, car le diamètre de la conduite de refoulement est suffisant.

L'eau est distribuée non filtrée ; elle est parfois trouble en hiver. Le produit des abonnements est très faible et indique une grande tolérance.

Marmande. *Galerie de captation, machines à vapeur (1872-1883).*

— Marmande est sur la rive droite de la Garonne ; les eaux recueillies par le coteau qui domine la ville d'une centaine de mètres descendent presque jusqu'à son niveau et sont arrêtées par une couche d'argile sur laquelle elles glissent. On les recueille à l'aide d'une galerie, perpendiculaire à l'écoulement, de 290 mètres de long, 0^m,46 de section débouchant par un tuyau de 0,30 dans un réservoir en maçonnerie, d'où l'eau gagne par un aqueduc le puisard des pompes.

L'eau est claire, limpide et fraîche, 12° en été ; elle est calcaire et marque 28° à 32° à l'hydrotimètre, ce qui la rend peu propre à l'alimentation des générateurs. Elle renferme 200 germes par centimètre cube.

Il y a deux machines à vapeur ; une de 8 chevaux actionne une pompe horizontale pouvant élever 45 mètres cubes à l'heure à 18 mètres de hauteur par une conduite en fonte de 0^m,110 ; une autre de 15 chevaux, actionnant un jeu de pompes verticales, pouvant élever 100 mètres cubes à l'heure à 18 mètres de hauteur par une conduite de 0^m,220.

Ces machines alimentent deux cuves en tôle de 300 mètres cubes chacune, portées par un soubassement en maçonnerie ; le niveau supérieur de l'eau n'est qu'à 10 mètres au-dessus des points bas de la ville, ce qui est trop faible. La capacité des cuves ne constitue pas une réserve suffisante.

L'échappement de l'air dans les conduites de distribution n'est pas partout suffisamment assuré.

L'exploitation est concédée pour vingt ans à un fermier qui donne gratuitement l'eau de puisage et d'arrosage pour le service public.

Castelmoron. *Galerie de captation, adduction par la gravité (1859).* — Une nappe, analogue à celle de Marmande, est captée dans une petite galerie en maçonnerie au pied de la colline, à 1 800 mètres de la ville. L'eau, claire et limpide, un peu calcaire, est amenée avec une chute de 7^m,30, par des tuyaux Chameroy, à une fontaine monumentale qui donne une quantité d'eau supérieure aux besoins du public. Débit 264 à 443 mètres cubes par jour pour 800 personnes.

LOZÈRE

Il n'existe aucune distribution complète dans ce département. On prend l'eau à des fontaines publiques alimentées directement par des sources. Les villes et bourgs sont bâtis près des sources qui jaillissent au pied des Causses.

MAINE-ET-LOIRE

Angers. *Galeries filtrantes, machines à vapeur* (1855-1891). — Le service des eaux d'Angers a été créé par Dupuit en 1855. Il a pris les eaux dans les graviers d'alluvion de l'île du château, aux ponts de Cé, île formée par deux bras de la Loire. Il avait cru qu'une première galerie (*fig. 3, pl. 8*), entourant l'usine, suffirait à donner le cube nécessaire ; il dut la compléter par une nouvelle galerie de 297 mètres, (*fig. 3 à 6*). Mais, en 1891, il fallut créer encore une autre galerie de 200 mètres, parallèle à la Loire, à 10 mètres de la berge ; cette galerie, de 0^m,50 de large et 2 mètres de hauteur, est reliée à la seconde galerie de Dupuit par un tuyau en fonte de 0^m,50 et de 200 mètres de long.

La première galerie de Dupuit donnait un débit tombant parfois à 800 mètres cubes par jour, avec la seconde on ne descendit point au-dessous de 3 500 mètres cubes ; cette seconde galerie a pu être fondée sous l'étiage, parce qu'avec les machines on pouvait pendant la nuit pratiquer un épuisement énergique.

Il y a 3 machines élévatoires : une machine verticale Farcot, de 1855, élevant 55 litres ; une machine élévatoire Farcot, de 1856, élevant 27 litres ; une machine à balancier Windsor de 1868 élevant 90 litres.

Le refoulement se fait à 40^m,80 au-dessus de l'étiage de la Loire, par deux conduites de 0^m,40 et de 0^m,50 de 5 000 mètres de long, dans deux cuves en tôle de 300 mètres chacune portées sur un soubassement en maçonnerie de 11 mètres de haut. Ce réservoir alimente les quartiers hauts ; pour les quartiers bas, il y a un réservoir en déblai de 2 400 mètres cubes, alimenté soit par les cuves, soit directement.

77 kilomètres de canalisation de 0^m,40 à 0^m,04 ; 150 bornes ; 250 bouches ; 4 000 branchements. Les bornes sont à 200 mètres l'une de l'autre.

L'eau est bonne, mais insuffisante. On se propose d'établir de nouvelles machines et des conduites de plus grand diamètre.

La direction des eaux est confiée au service des Ponts et Chaussées. La dépense annuelle, de 55 000 francs, se décompose en : personnel 16 600, charbon et huile 21 000, bâtiments et machines 10 900, entretien des conduites 5 400, frais de bureau 400, octroi et redevances à l'État 700. Le personnel comprend, outre l'ingénieur en chef et l'ingénieur ordinaire, un inspecteur, un commis, 3 fontainiers, 2 contrôleurs de compteurs, 2 mécaniciens, 2 chauffeurs.

Le produit, de 44 000 francs en 1870, atteignait en 1894 144 000 francs.

La consommation par jour varie de 5 000 mètres cubes en décembre et janvier à 14 000 mètres cubes en juillet et août.

Égouts. — Réseau incomplet à types variables ; il n'y a qu'un quart des rues pourvues d'égouts. Le déversement se fait à la Maine dans la traversée de la ville. On se préoccupe un peu de remédier à cette situation.

Cholet. *Étangs pour l'arrosage, galeries de drainage pour l'eau potable* (1894). — Deux étangs, renfermant une réserve considérable qui ne tarit pas, donnent à la ville une eau d'industrie et de lavage pour les rues et les égouts.

L'eau potable est obtenue par le vaste drainage d'un plateau, à une hauteur telle que l'eau arrive à la ville par la gravité. Il y a 2 800 mètres de galerie dans deux directions ; l'une traverse un faite par un tunnel de 700 mètres. Les galeries ont 0^m,70 sur 1^m,50 (il eût été sans doute plus avantageux pour l'exécution et pour l'entretien, et non plus coûteux, d'augmenter un peu ces dimensions). On avait reconnu la couche aquifère par des sondages et des épuisements préalables. Au 1^{er} mai 1895, on avait déjà un débit de 510 mètres cubes par jour, et il restait 600 mètres de galeries à creuser dans la partie aquifère.

On pouvait donc espérer un succès complet ; cependant, une expérience de plusieurs années peut seule permettre de préciser la puissance de ces nappes souterraines.

L'eau, très pure d'ailleurs, marquant 6° à l'hydrotimètre, est amenée par des conduites en ciment, puis en fonte, de 0^m,25 de diamètre et de 7 400 mètres de long, qui aboutissent dans un réservoir de 1 000 mètres cubes au point culminant de la ville.

Saumur. *Eau de la Loire, machines à vapeur* (1874). — L'eau est prise dans le fleuve même dont le lit est sableux et amenée dans un puisard étanche qui ne peut recevoir les eaux séléniteuses du

coteau. L'étiage du fleuve est à 24^m,82 ; les pompes nourricières, placées dans le puisard à l'altitude 26^m,10, élèvent l'eau à la cote 31 dans une bêche où se trouve la crépine de la pompe foulante qui envoie l'eau à la cote 56 dans un réservoir de 1 400 mètres cubes à deux compartiments, de 4 mètres de profondeur, distant de 700 mètres de l'usine.

Les vieilles machines sont en très médiocre état et consomment 3 kilogrammes par cheval-heure ; on va les remplacer par une machine Windsor à balancier. On va construire également un réservoir aérien cuve de 300 mètres cubes sur tour de 10^m,50, pour desservir les quartiers hauts.

La distribution d'eau *avait été concédée* pour 50 années expirant en 1924 ; on a racheté la concession en 1891 pour 365 000 francs.

Service public : 17 bornes, 50 bouches et 19 urinoirs. Ce service est donc très faible, et la plus grande partie du débit est réservée au service privé.

MARNE

Châlons-sur-Marne. *Puits et galeries filtrantes, machines à vapeur* (1878). — L'usine est située au sud de la ville, entre la ligne du chemin de fer de l'Est et le mont Saint-Michel ; l'eau est prise dans un puits situé près de l'usine et refoulée dans deux réservoirs sur la côte, d'une contenance de 2 200 mètres cubes.

Elle provient de la craie fendillée surmontant la craie marneuse, pure et limpide elle marque 19° à l'hydrotimètre, renferme 0^{sr},252 d'extrait sec par litre. Une épreuve d'eau prise aux cuisines de la caserne a donné 330 microbes par centimètre cube ; les espèces sont les mêmes que celles des eaux de la Marne.

On espérait à l'origine que le puits pourrait donner le débit suffisant, 2 000 mètres cubes en 12 heures ; mais cette espérance fut aussitôt déçue ; il fallut établir sous le chemin de fer un aqueduc aboutissant à des galeries filtrantes établies le long de la Marne ; elles ont aujourd'hui 190 mètres de développement, 0^m,80 de large et 1^m,60 de haut ; elles ont leur radier à 2^m,75 sous l'étiage de la rivière ; construites en meulière, elles sont percées de barbacanes pour l'introduction de l'eau. Le service de santé du corps d'armée a constaté que l'eau de cette provenance est suffisamment pure et de bonne qualité, qu'elle se rapproche comme teneur en microbes de l'eau de rivière filtrée artificiellement sur sable et gravier. Il est nécessaire

cependant de remplacer par des prairies les champs cultivés qui se trouvent au-dessus de ces galeries, d'en nettoyer périodiquement le radier et d'enlever les sédiments qui s'y déposent.

Les machines à vapeur, système Dubuc, et les pompes aspirent l'eau par une conduite de 0^m,300 et la refoulent par une conduite semblable ; le radier du réservoir est à 32^m,45 au-dessus de l'eau dans le puits, et la longueur du refoulement est d'environ 250 mètres.

M. Marchal, directeur actuel des eaux, a réalisé les améliorations suivantes : le mécanicien a sous les yeux : 1° une échelle graduée donnant la hauteur d'eau dans le puits, ce qui lui permet d'arrêter la machine dès qu'il le faut ; 2° un hydromètre Decoudun donnant la hauteur d'eau dans le réservoir et l'enregistreur ; 3° un compteur de tours de la machine qui permet, avec l'hydromètre, de connaître la consommation par jour et par heure. La cheminée ayant été surélevée de 6 mètres et portée à 32 mètres dépasse maintenant l'altitude des réservoirs ; on se suffit en temps ordinaire avec un seul générateur au lieu de deux, et on réalise une grande économie de charbon.

Les réceptions de charbon se font avec régularité, conformément à un devis détaillé. En 1892, on a élevé 13 700 mètres cubes d'eau de plus et on a consommé 44 tonnes de charbon de moins ; la consommation totale a été de 416 tonnes pour 752 000 mètres cubes d'eau élevée.

Le réservoir aurait pu facilement être placé 10 mètres plus haut et la pression serait de 32 à 35 mètres au lieu de 22 à 25, de sorte que l'eau pourrait être employée directement pour combattre les incendies.

Certaines conduites ne sont qu'à 0^m,60 de profondeur ; elles sont exposées à la gelée et, en été, l'eau s'y chauffe à 18°, alors qu'elle n'est qu'à 13° dans le puits.

Le mécanicien et l'inspecteur du service adressent tous les jours au directeur un rapport sur la marche et la consommation des machines et sur la consommation de l'eau. On peut donc suivre pas à pas le fonctionnement du service, et c'est un modèle à imiter.

La *concession*, accordée en 1878 à un particulier, a été rachetée par la ville en 1891 à un prix raisonnable, par arrangement amiable.

L'usine donne habituellement toute l'eau nécessaire ; cependant, en 1893, au moment des grandes chaleurs, il a fallu arrêter la distribution de 10 heures du soir à 4 heures du matin.

La dépense annuelle est de 30 000 francs, dont 8 500 francs pour la distribution, y compris 2 500 francs de branchements nouveaux, et 21 500 francs pour l'usine dont 8 000 de charbon ; il y a à l'usine un mécanicien, un aide et deux chauffeurs.

Recettes : 1881, 12 200 francs ; 1885, 23 000 francs ; 1890,

30 200 francs ; 1892, 35 600 francs ; 1894, 48 150 francs. L'augmentation de 1894 est due à l'application d'un nouveau règlement, mais il y a encore des gaspillages en été. Les établissements militaires reçoivent l'eau à 0^{fr},08219 le mètre au compteur. Les établissements départementaux la reçoivent à 0^{fr},15 au compteur. Le service privé comporte 682 abonnements ; la ville paye les branchements sous la voie publique.

La population est de 19 637 habitants, non compris 3 636 militaires et 1 780 chevaux de garnison.

Nous avons donné ailleurs les variations de la consommation horaire.

Voici les variations de la consommation journalière :

1892....	Moyenne par jour	2056 ^{m3}	Maxima :	3439.....	17 août	Minima :	1102.....	7 mars
1893....	—	2239	—	3331.....	25 avril	—	1246.....	30 déc.
1894....	—	2256	—	3075.....	16 mai	—	1272.....	4 janvier

Épernay. *Source* (1861), *puits et machines à vapeur*. — Des sources naissant du plateau de la forêt d'Épernay ont été captées et amenées à un réservoir de 800 mètres cubes, établi sur plan circulaire ; leur débit tombe à 200 mètres cubes par jour en été, elles sont boueuses en hiver et de qualité médiocre.

Un puits de 52 mètres, creusé dans la craie, est exploité par deux générateurs et deux pompes pouvant élever l'une 145 mètres à l'heure (prix 25 000 francs), l'autre du type Burton pouvant élever 125 mètres (prix 14 000 francs).

La *concession*, accordée pour 99 ans, expire en 1970.

Service public : 15 bornes-fontaines, 2 fontaines publiques, 120 bouches.

Consommation d'eau : 600 à 800 mètres cubes en hiver, 1800 à 2 000 en été pour 18 300 habitants.

Dormans. — Des sources, à flanc de coteau au sud de la ville, sont conduites par des tuyaux en poterie à un réservoir de 120 mètres cubes qui dessert une canalisation en fonte. Débit d'environ 150 mètres cubes pour 1 600 habitants. Dépense première, 53 000 francs — 11 bornes et 4 fontaines à vasques pour abreuvoirs. Recettes, 820 francs.

Reims. *Nappe souterraine, machine à vapeur* (1874). — En 1747, un chanoine de Reims avait établi une roue hydraulique montant les eaux de la rivière dans une tour d'où elles se rendaient en ville. En 1874, on a créé le système actuel, qui a reçu des agrandissements successifs et qui consiste à prendre l'eau de la nappe souterraine de la vallée même de la Vesle, à 400 mètres de l'usine élévatoire. Cette eau,

pure et fraîche, est amenée au puisard des pompes par un siphon en fonte de 0^m,500 de diamètre, dont on a eu quelque peine à assurer le fonctionnement régulier.

La machinerie comprend quatre machines à vapeur donnant 400 chevaux ; il y a un réservoir de 20 000 mètres cubes à 55 mètres au-dessus de l'eau du puisard, et un réseau de distribution de 80 kilomètres de long.

Le volume, élevé suivant les besoins, varie de 8 000 mètres cubes en hiver à 15 000 en été. Service public, 350 bornes-fontaines — 4 500 abonnés.

Égouts. — La ville est pourvue d'un réseau d'égouts dont les eaux sont employées en irrigation dans la vallée.

Ay. *Puits foré, machine à vapeur* (1874). — La concession est accordée pour 50 ans à la Compagnie du Gaz. L'eau est extraite d'un puits, foré à 30 mètres de profondeur, par quatre pompes à plongeur qu'actionne un moteur de 8 chevaux ; elle est refoulée à 50 mètres de hauteur par un tuyau de 0^m,15 dans un réservoir de 220 mètres cubes. La machine fonctionne d'ordinaire un jour sur deux.

Service public insignifiant. Cependant le rendement paraît assez faible. Le système de la concession est mauvais dans une petite ville.

Fismes. *Source, tuyaux en terre cuite* (1848). — Les eaux de source sont amenées par un tuyau en terre cuite de 5 kil. 1/2 dans un réservoir d'où part un réseau en fonte. Réservoir de 160 mètres cubes. Débit, 200 mètres cubes, insuffisant en été ; les quartiers sont desservis à des heures différentes. Il faudrait réprimer le gaspillage, mais on recule devant l'obligation du compteur.

Jouy. *Source.* — Cette petite commune a dépensé 12 100 francs pour amener une source à une fontaine publique. Elle accorde des concessions perpétuelles de 1 hectolitre par jour, à raison de 50 francs payables en six années. Ce système paraît dangereux.

Nogent-l'Abbesse. *Sources.* — Des sources sont amenées par des conduites en fonte à deux bassins de 100 et 150 mètres cubes. L'eau alimente 4 bornes ; presque tous les particuliers sont abonnés, à raison de 1 franc par habitant et par tête de gros bétail, par an.

Prouilly. *Source, tuyaux en terre cuite* (1884). — Une source est amenée par une conduite en terre cuite, de 0^m,075 à 0^m,04 de diamètre, et de 200 mètres de long, à 7 bornes-fontaines. Dépense : 14 200 francs.

Débit, 60 à 90 mètres cubes pour 549 habitants. Plusieurs autres communes, Rilly, Saint-Gilles, Sacy, Trépail, Verzenay, Villers, Marmery, Vrigny, sont desservies par des dérivations de sources analogues à celles que nous venons de décrire. On a constaté des accidents assez fréquents sur les *tuyaux en poterie* ; au prix actuel des conduites en fonte, l'économie que peut donner l'usage de la terre cuite n'est pas très grande.

Vienne-le-Château. *Sources.* — Des sources à 1 400 mètres du village, qui se troublent un peu en hiver, sont réunies dans une chambre de 2^m,30, d'où part une *conduite en grès vernissé*, de 0^m,14 de diamètre, 900 mètres de long, avec ventouses aux points hauts et purgeurs aux points bas, aboutissant à un réservoir de 140 mètres cubes qui alimente la conduite maîtresse de distribution de 0^m,20, en fonte avec joints Lavril. Dix bornes-fontaines, plus un puits avec pompe en un point élevé. Pas de service privé. Dépense, 42 000 francs. Débit, environ 200 mètres cubes par jour pour 1 100 habitants.

Vitry-le-François. *Sources, machines à vapeur* (1883).

Sermaize. *Source* (1842-1885). — Trois bassins desservent 2 000 habitants, en donnant 75 litres au maximum par tête.

Rosay. *Source, moulin à vent.* — Commune de 160 habitants. Consommation, 10 mètres cubes par jour ; 4 bornes-fontaines, 5 abreuvoirs. Réservoir de 200 mètres cubes, ayant coûté 3 500 francs. Le moulin est du type l'Éclipse ; prix 2 500 francs avec pylone de 1 800 francs et pompe de 500 francs. Dépense totale, 16 400 francs. L'eau est prise dans une source au bas du village et refoulée dans le réservoir. Jusqu'à présent, on est très satisfait de la solution ; l'entretien ne coûte que 120 francs par an. On remarquera que le réservoir correspond à la consommation de dix jours.

Vanault-les-Dames. *Source, roue Sagebien* (1894). — Une bonne source, située au pied de la colline sur laquelle est bâtie cette commune de 512 habitants, est refoulée dans un réservoir supérieur par une pompe qu'actionne une roue Sagebien. L'usine et ses machines ont coûté 30 000 francs, le réservoir 14 000 francs, la distribution 26 000. Débit, 180 à 300 mètres cubes par jour. L'entretien et la surveillance de l'usine sont donnés à forfait pour 350 francs par an. 6 bornes-fontaines, 6 abreuvoirs, 7 bouches d'incendie. La plupart des habitants contractent un abonnement, à raison de 5 francs par an pour 250 litres par jour, prix très modéré.

MARNE (HAUTE-)

Chaumont. *Source, adduction par conduite en ciment, machines élévatoires* (1881). — A 15 kilomètres de Chaumont, on trouve, sur les argiles à foulon, les sources du Val-Darde, eau excellente marquant 19°. Une conduite en ciment, de 0^m,25 de diamètre et de 0^m,0008 de charge, libre sur la majeure partie de sa longueur, avec regards tous les 200 mètres, les amène à un réservoir en maçonnerie de 850 mètres cubes.

Malheureusement, les sources sont insuffisantes et leur débit tombe à 300 mètres par jour; la conduite de 0^m,25 ne peut amener que 1 450 mètres par jour; le réservoir est à une altitude insuffisante pour les quartiers hauts; la distribution est insuffisante et médiocre en quelques parties.

Pour parer à l'insuffisance d'été, on a installé, en 1881, à 9 kilomètres de la ville, des machines à vapeur qui refoulent des sources du vallon du Petit-Pêcheur dans la conduite d'amenée (500 à 1 000 mètres cubes par jour).

Les ingénieurs des Ponts et Chaussées étudient un projet destiné à porter le débit disponible à 4 000 mètres par jour, en captant de nouvelles sources à 6 et 9 kilomètres de la ville et les élevant par une turbine sur la Marne avec machines à vapeur de secours. Conduite de refoulement en fonte, réservoir plus élevé.

Service public : 72 bornes, 5 abreuvoirs, 8 bouches; alimentation gratuite des établissements civils et militaires.

Service privé : 440 concessions, toutes au compteur à 0^{fr},34 le mètre cube.

Langres. *Sources, machines à vapeur* (1882). — Les sources du Valdonne, marquant 23°, 0^{fr},230 de résidu sec par litre, sont amenées par une conduite en ciment de 0^m,20, de 7 800 mètres de long, avec chute totale de 11 mètres, dans un réservoir de 300 mètres. Les machines à vapeur refoulent l'eau à 110 mètres plus haut, par une conduite en fonte de 0^m,20, de 750 mètres de long, dans une cuve en tôle de 8^m,40 de haut et de 10 mètres de diamètre; le fond de la cuve est à 2^m,38 au-dessus du niveau moyen de la ville.

La conduite de refoulement est en même temps distributrice, ce qui semble offrir quelque inconvénient.

Service public : 42 bornes, 21 bouches.

Service privé : 175 abonnés, 15 francs par an pour 1 hectolitre par jour, 0^{fr},50 le mètre en plus.

Concession de cinquante ans à partir de 1882. La ville paye 6 000 francs par an au concessionnaire et a droit à 400 mètres cubes par jour pour le service public.

Wassy. *Puits filtrant, machine hydraulique.* — Un puits a été creusé dans un banc de gravier à 80 mètres de la rivière la Blaise ; les eaux proviennent de cette rivière et sont bonnes. Le débit constant est de 700 mètres cubes par jour. L'eau est vendue au compteur 0^{fr},25 le mètre cube.

Saint-Dizier. *Galerie filtrante, machines à vapeur* (1877). — La galerie filtrante est établie sur la rive droite de la Marne, dans les graviers d'alluvion ; elle a 5 mètres d'ouverture, 10 mètres de long, est descendue à 2 mètres sous l'étiage ; les piédroits, de 1^m,50 d'épaisseur à la base, sont à pierres sèches sur 1 mètre de hauteur seulement ; tout le reste est maçonné au mortier hydraulique, et la voûte est recouverte d'une chape. En dehors des piédroits, la fouille est remplie avec du bon gravier lavé.

Une chambre étanche de 5 mètres sur 3 mètres de long termine la galerie et se prolonge par un aqueduc de 1^m,20 jusqu'au puisard des machines.

Il y a deux générateurs, deux machines horizontales à détente et à condensation, deux pompes Girard. Les eaux sont de bonne qualité. Elles sont élevées à 22 mètres de hauteur manométrique dans un réservoir de 2 000 mètres. La hauteur d'eau dans le réservoir est de 3^m,50 et le radier est à 3^m,50 au-dessus des rues les plus élevées de la ville.

La conduite de refoulement est alimentaire, disposition jugée avantageuse et sans inconvénient sérieux.

La canalisation est en fonte avec joints en caoutchouc, système Petit.

La consommation varie de 680 mètres cubes en hiver à 960 mètres cubes en été, moyenne 825 ; une machine marchant vingt-quatre heures peut donner 1 600 mètres.

Il y a un machiniste et un aide, 3 200 francs, 3 500 francs de charbon, 500 francs d'entretien des machines.

Service public : 36 bornes, 4 lavoirs, 55 bouches.

Joinville. *Source, conduite en fonte* (1893). — La source de Large-Fontaine, saine et limpide, est amenée par une conduite en fonte de

0^m,25 de diamètre, 4 800 mètres de long, avec charge de 0^m,001 par mètre, lorsque le réservoir est vide, et de 0,000104, lorsqu'il est plein, ce qui donne un débit de 1 420 mètres par jour dans le premier cas et de 449 mètres dans le second. — Réservoir de 1 000 mètres cubes.

Débit variant de 865 mètres en été à 1 400 mètres en hiver.

Service public très large : 44 bornes, 34 bouches.

Bologne. *Source, bélier hydraulique* (1891). — Une source au pied du village, marquant 22°, avec 0^{gr},259 de résidu sec par litre, débite 150 litres au minimum et 300 au maximum à la seconde; elle actionne un bélier qui refoule une partie de son débit.

La conduite d'amenée au bélier a 0^m,216 de diamètre et 43^m,40 de long, celle de refoulement 0^m,08 et 40⁴ mètres. Elles sont en fonte. Suivant la hauteur de la Marne, la hauteur de chute varie de 2^m,90 à 0^m,60; avec 2^m,90 de chute, le bélier élève 1^m,80 par seconde, et son rendement est de 0,64.

Il fonctionne bien depuis 1891 et n'a demandé que deux remplacements de la soupape intérieure.

Réservoir de 200 mètres cubes surmonté d'un petit réservoir de 12 mètres cubes pour la partie haute du village. 9 bornes-fontaines, 2 abreuvoirs.

Dépense : bassin de captage 650 francs, chambre du bélier 1 280 francs, bélier 2 400 francs, réservoir 7 000 francs. La canalisation de distribution est en tuyaux de grès.

Châteauvillain. *Sources, conduites en fonte* (1895). — Cette commune de 1 300 habitants dépense 93 000 francs pour amener des sources, captées à 3 kilomètres de distance et à 12 mètres au-dessus des points hauts de la ville. Conduite en fonte de 0^m,135 de diamètre, desservant la ville à son passage et aboutissant à un réservoir de 400 mètres situé à 9 mètres au-dessous des sources. Débit variant de 140 à 400 mètres cubes.

MAYENNE

Laval. *Eau de rivière, machines hydrauliques* (1867), *machines à gaz pauvre* (1894). — L'eau prise à la Mayenne ne peut, à moins d'être filtrée, servir qu'à l'arrosage; on ne peut considérer comme filtre un canal rempli de pierrailles et de charbon que les crues

envasent. Une dérivation de la Mayenne fait mouvoir deux turbines actionnant quatre pompes.

Les machines hydrauliques étant souvent en chômage, la ville vient d'installer à ses frais une usine spéciale avec moteurs à gaz pauvre, élevant 250 mètres cubes à l'heure au moyen d'une pompe à piston plongeur double; machine d'une puissance de 80 chevaux.

La ville a traité avec un *concessionnaire*, en 1867, pour 50 ans et depuis lors elle a éprouvé des difficultés sans cesse renaissantes.

Par son traité, le concessionnaire doit élever 3 000 mètres cubes par jour; il a installé 20 bornes-fontaines, 90 bouches de lavage et d'arrosage, 1 jet d'eau, chaque écoulement devant être de 1 litre par seconde, avec ouverture de deux heures pour les bouches; il n'est pas responsable des chômages dus aux crues et aux basses eaux; chaque borne supplémentaire lui est payée 500 francs par an; il perçoit tout le produit annuel jusqu'à 69 000 francs; quand le produit reste au-dessous de cette somme, il reçoit de la ville une redevance égale à la moitié de la différence entre 69 000 francs et 15 000 francs, redevance pouvant ainsi s'élever à 27 000 francs au maximum.

Depuis 1891, les recettes sont en décroissance, la ville sera amenée un jour au rachat de la concession.

Égouts. — Tous les égouts aboutissent à la Mayenne, autant que possible à l'aval de la prise d'eau.

Château-Gontier. *Eau de rivière, machines à vapeur.* — L'eau de la Mayenne est refoulée par deux machines à vapeur de 20 chevaux avec pompes à piston plongeur, à une hauteur de 55 mètres, dans deux réservoirs de 500 mètres dominant la ville; elle ne peut servir aux usages domestiques sans être filtrée. On boit l'eau des nombreux puits particuliers.

Mayenne. *Double canalisation d'eau de source et d'eau de rivière.* — On recueille diverses sources du voisinage et on les emmagasine dans des réservoirs; elles sont distribuées à part: 100 à 200 mètres cubes suivant les saisons.

Une machine à vapeur élève 600 mètres cubes par jour d'eau de la Mayenne dans un réservoir spécial à 70-mètres au-dessus de la rivière; cette eau est distribuée par un réseau spécial.

Service public: 40 bornes, 60 bouches d'arrosage fonctionnant deux ou trois jours par semaine.

Pré-en-Pail. *Source, adduction par conduite en fonte.* — Une source, à 1 700 mètres de la ville, est captée dans un bassin en ciment

rectangulaire, recouvert par une plaque en fonte. L'eau arrive par deux faces à l'aide de barbacanes; sur la troisième face on trouve un tuyau qui alimente une fontaine et un lavoir du voisinage, et sur la quatrième est le tuyau d'abduction. Le point de départ est à 50 mètres au-dessus de la ville. La conduite alimente directement 11 bornes-fontaines et quelques concessions. Malheureusement, l'eau est insuffisante en été, il faut réglementer la consommation; le mal serait atténué, si on avait un réservoir emmagasinant le débit de la nuit.

MEURTHE-ET-MOSELLE

Nancy. *Sources anciennes, galerie filtrante, double canalisation.* — Il existe une distribution ancienne d'eau de diverses sources naissant sur la rive gauche de la Meurthe, à la séparation de l'étage oolithique et des marnes jurassiques. Le débit de ces sources tombe, en été, à 1 800 mètres par jour; elles alimentent 80 bornes ou candélabres-fontaines et des concessions particulières remontant aux ducs de Lorraine; l'ancien réseau était en bois ou en pierre factice; il est encore défectueux et insuffisant pour le débit maximum. Les sources sont bonnes, température constante de 8 à 12°, on cherche à développer ce service.

L'alimentation se fait surtout en eau de la Moselle: une galerie maçonnée de 600 mètres de long, avec radier libre et barbacanes à la base des piédroits, est établie dans les alluvions de la vallée, à 25 mètres de la berge de la rivière, à 3^m,50 au-dessous de la retenue d'eau normale. Le débit de cette galerie varie de 18 000 à 30 000 mètres cubes par jour; le minimum se produit surtout en temps de gelée, et le service en ville devient difficile. La température de l'eau varie de 3 à 18°. Elle a coûté 103 500 francs.

Trois roues turbines à axe horizontal, 150 chevaux, dont deux marchent simultanément, actionnent des pompes Girard à double effet, élèvent l'eau à 20 mètres de hauteur par une conduite de 0^m,80 de 200 mètres de long, dans un aqueduc en maçonnerie de 12 kilomètres de long qui, avec une pente de 0^m,40 à 0^m,25, amène les eaux au réservoir Saint-Charles, de 7 000 mètres cubes.

Ce réservoir forme la tête de la distribution qui se termine à un réservoir opposé de 3 500 mètres cubes dont le radier est à 2^m,20 plus bas: la hauteur d'eau dans les deux réservoirs est de 2 mètres.

Les deux réservoirs sont reliés par deux conduites de 0^m,55: l'une, de 5 480 mètres, traverse toute la ville; l'autre reste à une hauteur

plus grande et rejoint l'autre à 800 mètres du second réservoir. Ces deux conduites sont reliées par un réseau maillé.

La pression de l'eau varie de 0 à 40 mètres. Une canalisation de 60 kilomètres dessert 190 bornes ou candélabres-fontaines, 531 bouches.

Les machines peuvent monter 27 800 mètres cubes par jour ; elles en montent 18 000 en moyenne et 24 000 en été.

Années	Volume consommé	Volume vendu	Produit
1885	6 144 000 ^{m3}	689 300 ^{m3}	71 220 fr.
1890	6 600 000	1 615 000	128 500
1894	7 827 000	1 907 000	183 700

L'exploitation annuelle coûte 48 000 francs, dont 10 000 francs pour les eaux de sources.

Égouts. — Il y a un réseau étendu qui se complète chaque année. Les artères secondaires ont 1^m,25 sous clef, accessibles pour le curage ; quelques branchements en tuyaux de grès de 0^m,30 avec réservoirs de chasse et siphon automatique alimentés par l'eau de la Moselle. Le tout à l'égout se développe, bien que les fosses restent facultatives. Un collecteur général débouche dans la Moselle à l'aval de la ville.

Pont-à-Mousson. *Sources, galerie filtrante, double canalisation.* — Les eaux de sources amenées par une conduite en fonte alimentent 28 bornes, et le trop-plein s'en va au réservoir des eaux de la Moselle. Celles-ci viennent d'une galerie filtrante située à 50 mètres de la Moselle, reliée à quatre puits ; une turbine fait mouvoir les pompes qui alimentent 42 bornes, 28 bouches, 422 concessions, et le trop-plein s'en va à un réservoir de 900 mètres cubes. Les crues noient la turbine. La galerie a coûté 13 000 francs. La consommation moyenne, de 500 mètres cubes, peut aller à 1 300.

Lunéville. *Galerie filtrante, turbines, machines à vapeur de secours.* — Il y a 22 bornes alimentées par des sources avec canalisation spéciale ; mais l'eau provient surtout de la Meurthe, elle est filtrée par un banc naturel de gravier, reçue dans une galerie et refoulée, par 2 turbines de 20 chevaux, à un réservoir de 2 400 mètres cubes.

Pour satisfaire à la consommation croissante, il a fallu adjoindre un moteur à vapeur et forcer le débit du filtre. Les matières solides entraînées engorgent la distribution et les compteurs qu'il faut visiter fréquemment. La canalisation est devenue insuffisante. Le produit net est nul. Le prix de la concession, 25 francs pour 250 mètres cubes, est trop faible ; on va porter le prix du mètre cube de 0^{fr},10 à 0^{fr},15.

Nomeny. *Sources, turbines pour l'eau et pour l'éclairage électrique* (1891). — Quelques sources, 40 mètres cubes par 24 heures, alimentent directement une partie de la ville ; d'autres, 90 à 130 mètres cubes par jour, sont élevées par une turbine dans un réservoir de 250 mètres cubes par une conduite en fonte de 0^m,12, de 327 mètres de long, à 29 mètres de hauteur. Cette turbine, ayant une puissance quadruple de celle qu'il faut pour l'eau, sert aussi à produire l'éclairage électrique : 34 lampes publiques, 61 lampes privées. Service public : 10 bornes et un abreuvoir pour 1 326 habitants.

Thiaucourt. *Source, machine à vapeur* (1885). — Source élevée par machine à vapeur dans deux réservoirs contenant 700 mètres cubes. 26 bornes et 25 bouches pour 1 400 habitants. Dépense annuelle, 1 500 francs. Consommation moyenne, 100 mètres cubes par jour. Dépense première, 71 500 francs.

Varangéville. *Captation de nappe souterraine.* — La Compagnie Solvay, de Dombasle, capte par une galerie souterraine profonde les eaux du niveau des marnes irisées. Elle doit donner 200 mètres cubes par jour à la ville, qui compte 1 985 habitants.

Halloville. *Sources, bélier hydraulique.* — Une source, inférieure au village, est amenée par une conduite en grès de 0^m,15 dans une cloche en tôle d'où part la conduite de batterie de 35 mètres de long et de 0^m,10 de diamètre, en fonte, avec joints Lavril, alimentant un bélier Durozoi. La cloche et le bélier sont logés chacun dans une chambre circulaire en maçonnerie. La chute sur le bélier est de 7^m,50. Une conduite à joints Lavril, de 0^m,05 et de 351 mètres de long, monte l'eau à 24^m,20 dans un réservoir de 20 mètres cubes. Avec un débit de 150 litres par minute, le bélier élève 30 litres au réservoir, soit 43 mètres cubes par jour, ce qui ferait un rendement de 0,7. Malheureusement le débit de la source a trompé les prévisions en temps de sécheresse ; il est tombé à 50 litres à la minute et on n'élevait plus que 10 litres.

Depuis 1891, il a fallu remplacer une fois le clapet du bélier ; il est bon d'avoir sous la main un mécanicien habile et des pièces de rechange. Deux fontaines publiques suffisent au village, de 144 habitants. La dépense s'est élevée à 10 800 francs, dont 3 400 pour le bélier.

MEUSE

Bar-le-Duc. *Source, machines à vapeur* (1883). — La source de Fains, à 3 kilomètres à l'aval de la ville, sort au pied d'un coteau ; elle est bonne ; mais, à la suite de pluies prolongées, elle devient louche, et dépose une marne argileuse très fine, 20 jours par an. Débit 130 litres à la seconde. On la reçoit dans un bassin de 300 mètres surmonté d'un filtre pour les temps d'orage ou de fonte de neige.

L'eau, prise à l'altitude 174^m,86, est refoulée dans deux réservoirs contenant 4 mètres de hauteur d'eau, l'un de 458 mètres pour la ville haute dont le plan d'eau est à 259 mètres, l'autre de 1 246 mètres pour la ville basse dont le plan d'eau est à 214 mètres. La machine peut monter 25 litres par seconde au premier réservoir à une hauteur manométrique de 100^m,38 ou 50 litres au réservoir bas à une hauteur manométrique de 49^m,90 ; d'où une puissance de 35 chevaux. Double jeu de pompes, double générateur.

Canalisation à joints Lavril, posée à 0^m,80 seulement ; elle a gelé en 1891.

En hiver, on ne consomme que 920 mètres cubes par jour, mais en été on monte à 2 100 mètres et jusqu'à 2 600 mètres, en travaillant 18 heures.

Dépense : un mécanicien et un chauffeur, 2700 francs ; charbon, 10 000 francs ; huile et divers, 1 140 francs. Recette : 1885, 13 100 francs ; 1890, 22 700 francs ; 1893, 31 370 francs dont moitié environ au compteur.

Égout. — Tout est recueilli par l'Ornain qui traverse la ville et qui a un débit minime en été, ce qui engendre des odeurs infectes en cette saison.

Verdun. *Galerie filtrante, machines à vapeur* (1877). — La prise se fait à l'amont de la ville, dans une galerie creusée au milieu d'une prairie, à 30 mètres de la Meuse, dans les graviers d'alluvion ; la galerie est couverte d'un massif qui la met à l'abri des inondations.

Les eaux sont limpides potables et saines.

Deux machines à vapeur élèvent l'eau, prise à la cote 194, dans un réservoir de 1 200 mètres, placé dans la citadelle à la cote 232,50 et dans un autre de 900 mètres à l'altitude 226. Les points les plus bas à alimenter sont à 198.

On va adjoindre un troisième réservoir aux deux premiers jugés

insuffisants. Le seul inconvénient à signaler est que, parfois, les eaux manquent de fraîcheur. La prise d'eau a coûté 11 000 francs.

La consommation est à peu près constante.

Recettes : 1878, 2 800 francs ; 1880, 4 079 francs ; 1885, 10 065 francs ; 1890, 17 000 francs ; 1894, 23 200 francs. Service public : 56 bornes et 80 bouches.

Commercy. *Galerie filtrante, machines à vapeur* (1892). — Galerie filtrante dans la couche aquifère de la Meuse, eau marquant 21° et 6° après ébullition. Cette galerie, de 10 mètres de longueur, 1 mètre de large, comprend sous l'étiage deux files de pieux espacées de 1^m,25 avec panneaux à claire-voie sur leur faces extérieures et, au-dessus de l'étiage, des murs en maçonnerie recouverts de dalles. Le tout est noyé dans un massif à l'abri des inondations.

Il semble qu'on eût pu, avec plus d'avantage, établir un puits de grand diamètre. Il y a double système de machines élévatoires donnant chacun 9 chevaux mesurés en eau montée à 31^m,75 ; débit de chaque système, 20^{lit},8 à la seconde. Conduite de refoulement de 1 900 mètres. Réservoir de 900 mètres cubes avec 3^m,75 de hauteur d'eau. Canalisation de 9 580 mètres avec joints Gibault.

La charge disponible n'est pas élevée, elle varie de 8 à 15^m,50. Une machine donne 900 mètres en 12 heures, et les deux machines 1 550 mètres. Service public : 28 bornes, 63 bouches. Il reste dans la ville basse sept fontaines anciennes à jet continu alimentées par des sources.

Ligny-en-Barrois. *Tranchée de drainage, adduction par conduite* (1880). — Une tranchée de drainage dans un thalweg recueille les eaux des vallées boisées de la forêt de Ligny ; une conduite de 1 700 mètres avec chute de 25 mètres les amène à la ville. On regrette l'absence de réservoir. Débit variant de 500 mètres en été à 2 500 en hiver pour 5 100 habitants. Il y a 30 bornes-fontaines, nombre trop élevé pour le développement des abonnements. Les abonnements sont consentis à la jauge, ce qui entraîne un certain gaspillage.

Communes des environs de Gondrecourt. — Les sources de coteaux voisins sont captées et amenées par des conduites en fonte, généralement de 0^m,10 de diamètre, à des fontaines publiques comprenant deux colonnes ou bornes avec jets continus, plus une auge-abreuvoir et un bassin couvert formant lavoir. Dans quelques communes on a ajouté des bornes-fontaines. Il n'y a pas de concessions.

Stenay. *Source, tuyaux en grès* (1893). — De bonnes sources, captées dans les bois de Martincourt, sont réunies et amenées par une conduite

en grès de 10 kilomètres de long dans un réservoir de 450 mètres cubes, qui domine de 12 mètres à 49 mètres les points à desservir.

Les travaux ont été faits par un *concessionnaire*. Dépense, 150 000 francs pour amener 250 à 300 mètres cubes par jour pour 4 500 habitants. La ville n'a rien donné, mais elle n'a pas de service public, sauf 10 bouches d'arrosage.

Vaucouleurs. *Source, conduite en fonte* (1895). — Les sources captées à la lisière de la forêt de Vaucouleurs sont réunies dans une chambre d'où part une conduite en fonte de 0^m,20, de 4 330 mètres de long avec charge de 0^m,00347 par mètre, aboutissant à un réservoir de 840 mètres cubes. Le réservoir est de l'autre côté de la ville par rapport aux sources et n'emmagasine que l'excès de l'apport.

Eau d'excellente qualité, marquant 20° à l'hydrotimètre et 3° après ébullition. Débit 8 à 30 litres par seconde pour 2 750 habitants. Service public très développé : 28 bornes, 38 bouches, 1 lavoir. La nouvelle distribution a remplacé une adduction ancienne de 1840, très défectueuse, sans réservoir.

Creuë. *Source.* — Cette commune, de 543 habitants, amène par un tuyau de 0^m,135, avec charge de 0^m,0044 par mètre, une source, d'un débit de 3 à 6 litres à la seconde, dans un bassin de 120 mètres cubes. Le service public comprend 1 lavoir et 5 fontaines-abreuvoirs. Vu le débit considérable, on consent des concessions perpétuelles à robinet intermittent, au prix de 60 francs ; la mesure est dangereuse et le prix trop faible. Dépense, 19 215 francs.

NIÈVRE

Nevers. *Sources, puits filtrant en Loire, machines.* — C'est un service mixte. Il y a deux sources prises l'une à 3 814 mètres et l'autre à 7 954 mètres de leurs réservoirs respectifs. Ces sources sont bonnes et marquent 21° ; elles sont amenées par des aqueducs en béton de ciment de Vassy, composés de deux pièces moulées réunies par joint de 0^m,008 ; le mètre courant a coûté 4^{fr}, 80. Les regards sont arrêtés à 0^m,25 sous le sol pour que la culture ne soit pas gênée ; dans l'intérêt du service, il vaudrait mieux ne pas avoir une telle restriction.

Le puits filtrant est au milieu de la Loire ; il fournit une eau limpide dont la température ne dépasse pas 11°. Il descend à environ 4 mètres sous l'étiage et à 6 mètres dans le banc de gravier ; il comprend une

enceinte carrée en pieux et palplanches de 7 mètres de côté, avec un puits en fonte au milieu de 4 mètres de hauteur et de 3 mètres de diamètre, recouvert par une calotte sphérique en maçonnerie et fermé par un regard. Il est protégé contre les crues par une digue d'enceinte. Le tube d'aspiration, de 0^m,35, prolongé par une conduite de 0^m,210, est posé au niveau de l'étiage et traverse la Loire.

Le puits a coûté 17 545 francs. Son débit est de 3 600 mètres par vingt-quatre heures; l'abaissement le plus grand de l'eau reste encore à 1^m,30 au-dessus de la base, et le maximum de la hauteur d'aspiration est de 7^m,78.

Les eaux du puits aspirées sont refoulées par des machines à vapeur dans les mêmes réservoirs que les eaux de sources. En temps de crue, les eaux deviennent cependant légèrement jaunâtres, ce qui semble indiquer une filtration insuffisante. Le puits est à l'aval de la ville.

On a dû l'établir trois ans après l'arrivée des sources qui étaient insuffisantes.

Le service a été concédé pour quarante ans et a donné lieu à des procès. La concession expire en 1909.

La consommation varie de 1 800 mètres cubes par jour en hiver à 2 800 en été. Service public: 53 bornes, 4 fontaines monumentales, 16 bouches.

Egouts. — Il y a un réseau en trois types ovoïdes de 0^m,90, 1 mètre et 1^m,20; l'épaisseur de la maçonnerie en ciment varie de 0^m,12 à 0^m,14. Déversement dans la Nièvre.

Decize. *Puits en Loire, machines à vapeur* (1891). — L'eau est prise dans un puits en Loire, à 3 mètres sous l'étiage; le puits se compose d'une caisse en tôle sans fond de 3 mètres de long, 1^m,65 de large, 1^m,80 de haut, surmontée d'un tube en tôle de 1^m,25 de diamètre et de 2^m,30 de hauteur fermé par un autoclave en fonte.

Un tuyau en fonte, à brides, de 0^m,25 de diamètre et de 247 mètres de long, fonctionne par *siphonnement* et conduit les eaux de la cloche dans le puits d'aspiration où les prend une machine verticale. La place est réservée pour une seconde machine. Il y a une pompe nourricière et une pompe de refoulement, élevant 15 litres à la seconde pour la marche normale de 20 tours à la minute. Réservoir de 650 mètres cubes.

La consommation est de 100 mètres cubes en hiver, 300 mètres cubes par jour en été pour 3 500 habitants. Service public, 12 bornes-fontaines.

La Machine. *Puits filtrants, machines à vapeur.* — Cette installation a été faite par le Creusot pour l'alimentation de ses machines.

L'eau est prise dans un banc de sable de la Loire en un point où le barrage mobile de Saint-Léger-des-Vignes maintient un niveau constant. Le banc de sable est toujours immergé; plusieurs couches de cailloux de grosseur croissante empêchent l'entraînement des sables fins dans la cuve de prise d'eau, qui est en fonte et maintenue sur des pilotis.

La conduite d'aspiration, de 200 mètres de long, traverse le canal du Nivernais, le quai et la route nationale et se rend au puisard de la pompe verticale. Machine de 25 chevaux avec deux générateurs. L'eau est refoulée à 69^m,28 de haut et à 1 550 mètres de distance dans un château d'eau de 50 mètres cubes, d'où elle descend par la gravité dans un réservoir de 1 000 mètres cubes à 4 750 mètres de là. Le château d'eau a eu pour objet de réduire les coups de bélier.

Château-Chinon. *Sources, conduites en grès* (1856). — Une mouille dans la montagne, à 1 890 mètres de la ville, a été drainée, et les sources ont été réunies dans un bassin cimenté de 2 mètres sur 1 mètre et de 2 mètres de haut, d'où part une conduite en grès de 710 mètres avec pente de 0^m,003 établie à 1^m,20 de profondeur et munie de deux regards; c'est une conduite libre. Elle aboutit à un réservoir cylindrique de 10 mètres de diamètre, 2 mètres de profondeur d'eau, 2 mètres de flèche à la calotte. Épaisseur des parois, 1^m,50; capacité, 150 mètres cubes.

Il alimente une conduite forcée de 1 100 mètres et de 0^m,125 de diamètre, 14 bornes-fontaines. Pas de service privé. Le débit varie de 60 mètres en été à 100 mètres en hiver; il était beaucoup plus considérable à l'origine, en 1856. Débit trop faible pour 2 673 habitants.

OISE

Beauvais. *Sources, machines hydrauliques* (1880), *adduction directe* (1896). — Jusqu'en 1880, Beauvais était alimenté par des puits locaux de faible profondeur et par les nombreux bras du Thérain. A cette époque, on alla chercher des sources qui naissent dans la vallée même à l'amont de ville, au milieu des prairies; nous avons dit ailleurs la composition du sol de la vallée: la cuvette en craie est surmontée d'une couche de silex très aquifère, parcourue par un courant souterrain, et le silex est recouvert par de l'argile portant une formation tourbeuse, puis la terre végétale; pour être bons, les puits doivent percer l'argile et plonger dans le silex; quelquefois la nappe du silex a

crevé elle-même les couches supérieures et forme des sources. Ce sont des sources de ce genre que l'on recueille à 2 500 mètres environ d'un moulin acheté par la ville. On les amène au moulin par un aqueduc, à très faible pente, tantôt libre, tantôt en siphon, tantôt en conduite forcée, d'une portée de 32 litres, qui pourrait ainsi donner 2 765 mètres cubes par jour, volume suffisant pour une population inférieure à 20 000 âmes, puisqu'il correspond à 140 litres par tête.

L'aqueduc d'aménée, établi dans des conditions difficiles, mal surveillé, mal entretenu, inspirait quelques craintes de contamination. D'autre part, l'eau qu'il amène au moulin est refoulée par le moteur hydraulique à 26^m,50 plus haut dans un réservoir de 1 500 mètres sur le coteau voisin. Il n'y a pas de machine de secours, et, en été, la puissance est réduite; de plus, il faut bien arrêter les pompes quand le réservoir est plein, c'est-à-dire pendant la nuit. Aussi, dans le troisième trimestre de 1891, n'a-t-on élevé que 1 350 mètres cubes par jour; le service a donc été insuffisant, bien que les bornes-fontaines soient très peu nombreuses. Enfin, le réservoir est à une extrémité de la ville sur un coteau, de sorte que le coteau opposé est mal desservi et que l'eau n'arrive pas à sa partie haute.

Au lieu d'améliorer la situation, ce qui pouvait se faire facilement, on a préféré aller chercher une partie des sources de Friancourt, qui

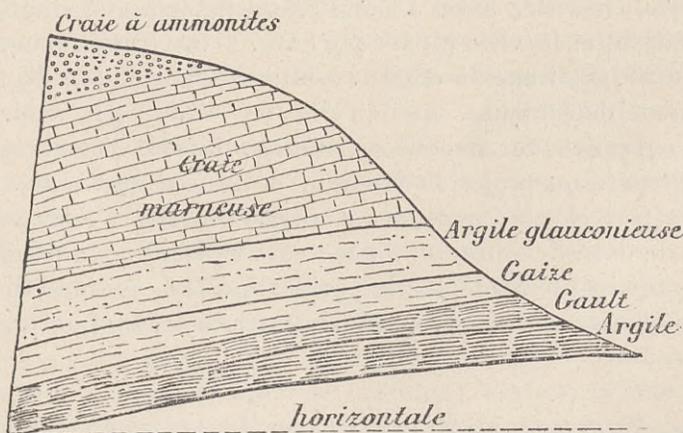


Fig. 49.

sortent de la falaise du pays de Bray, à 12 500 mètres de la ville, et à 23 mètres au-dessus du niveau du réservoir. Ces sources sont dues aux infiltrations du terrain crétacé arrêtées dans les sables verts par les argiles du Gault; elles sont moins abondantes qu'on ne le croirait parce que les assises s'enfoncent dans le coteau et sont inclinées vers

Paris où elles suivent les sables jusqu'au fond de la cuvette du bassin parisien. On a donc pris 25 litres par seconde aux sources de Friancourt, et on les amène par une conduite forcée en fonte, de 0^m,30 de diamètre, de 12 500 mètres de long, dans un réservoir de 4 500 mètres, placé au même niveau que le premier, sur le coteau opposé. Cette conduite a été adjugée en 1895 à raison de 15^{fr},70 le mètre courant, mise en place, c'est-à-dire à un prix très faible ; elle suit uniquement des voies publiques.

Beauvais va donc être très largement alimenté ; il est cependant regrettable qu'on n'ait pas acheté toutes les sources de Friancourt, car il faut mélanger la nouvelle adduction avec l'ancienne, et si celle-ci a été l'objet de quelque suspicion, on n'aura pas remédié au mal. Le nouveau réservoir, de 4 500 mètres, est de capacité excessive.

Compiègne. *Eau de l'Oise, turbines (1868), concession rachetée.* — Un décret de 1868 a autorisé la ville à pratiquer une prise d'eau dans l'Oise, au barrage éclusé de Venette, à l'aval de Compiègne ; une dérivation de la rivière fait mouvoir deux turbines élévatoires ; une seule turbine marche à la fois et élève 75 à 80 mètres cubes à l'heure, par une conduite en fonte de 0^m,216 de 1 425 mètres de long, dans un réservoir de 1 200 mètres cubes, à moitié en déblai, dont le fond n'est qu'à 16^m,50 au-dessus de la place de l'Hôtel-de-Ville. La concession avait été accordée pour soixante-quinze ans à des conditions draconiennes pour la ville ; aussi a-t-elle été rachetée après vingt-cinq ans d'exploitation, et la ville a payé plus de 700 000 francs, ce qui n'avait pas coûté 300 000 francs à établir. L'alimentation en eau de l'Oise est évidemment défectueuse, quoiqu'elle ne semble pas avoir jusqu'à présent engendré de maladies spéciales : il faut l'améliorer. Nous avons préparé un projet d'adduction de sources puissantes prises à 27 kilomètres de là, mais on a reculé devant l'élévation de la dépense ; le désir de conserver les moteurs hydrauliques actuels a conduit la municipalité à adopter la purification des eaux de l'Oise par le procédé Anderson, et nous venons de dresser à cet effet un projet complet.

Senlis. *Puits foré, machine à vapeur (1864), concession.* — L'eau est prise dans un puits de 22 mètres de profondeur, de 1^m,60 de diamètre, suivi d'un forage de 0^m,24, de 54 mètres de profondeur ; le tube d'aspiration descend de 4 mètres dans le forage, et l'eau arrive à 0^m,50 au-dessous du puits. Le forage pénètre dans les sables verts ; il a fallu descendre jusque-là pour avoir de l'eau. Une machine de 12 chevaux élève 70 mètres cubes à l'heure. La consommation en été s'est élevée jusqu'à 1 200 mètres par jour ; en hiver, elle tombe à 300 mètres

pour 7 400 habitants. Il y a deux réservoirs aériens, l'un de 240, l'autre de 490 mètres cubes. C'est une Compagnie qui exploite le service et qui doit faire de bonnes affaires. Pas de service public. L'eau est livrée à 24 francs par ménage de une à trois personnes pour un robinet libre. Elle est vendue au compteur 1^{fr},25 le mètre pour 30 mètres par an, 1 franc pour 50 mètres, 0^{fr},60 pour 300 mètres et 0^{fr},40 pour 1 000 mètres. On voit qu'il y a une grosse marge de bénéfices, car la dépense annuelle d'exploitation n'est que de 16 000 francs pour 600 mètres cubes par jour, soit 0^{fr},073 par mètre cube et 0^{fr},098, si l'on ajoute l'intérêt à 5 0/0 de la dépense première.

Chantilly. *Forages, machine à vapeur* (1894). — L'eau est prise dans la vallée de la Thève, au sud et à 4 kilomètres du plateau qui porte Chantilly. Il y a deux puits forés, l'un de 65 mètres, l'autre de 75 mètres de profondeur. Le premier forage a été pratiqué au fond d'un puits de recherche de 17 mètres de profondeur, maçonné, descendant au-dessous de la nappe superficielle. Le tube de forage, de 0^m,45 de diamètre, en tôle de 0^m,004 d'épaisseur, commence à la nappe superficielle; la tôle est pleine jusqu'à 40 mètres de profondeur, au delà, elle est percée de trous et le fond même n'est pas tubé. Dans sa partie haute, placée dans le puits primitif, et élevée au-dessus de la première nappe, le tube central est entouré d'un autre tube de 0^m,56 de diamètre, et l'espace annulaire est rempli de béton. Ce forage a coûté environ 100 francs le mètre. Les forages sont pratiqués dans la craie blanche au-dessous des sables de Bracheux et de l'argile plastique.

Deux pompes nourricières, système Letestu, noyées dans l'eau des forages, alimentent un réservoir logé sous le pavage de l'usine; l'eau est reprise dans ce réservoir par deux pompes Girard débitant chacune 60 à 65 mètres cubes à l'heure, et refoulée sur le plateau à une hauteur manométrique de 75 mètres dans un réservoir en maçonnerie, type à voûte d'arêtes, logé en déblai, avec deux compartiments de chacun 800 mètres cubes. Deux chaudières à vapeur Thomas et Laurens alimentent deux groupes de machines Corliss, à détente automobile variable par le régulateur, pouvant développer chacune 40 à 45 chevaux indiqués sur les pistons, à la vitesse de 24 tours à la minute et à la pression de 6 kilogrammes avec détente au huitième. Les pompes Girard sont dans le prolongement des cylindres à vapeur, et l'arbre du volant des machines actionne les pompes nourricières.

Du réservoir une conduite de 0^m,30 de diamètre, de près de 3 kilomètres de long, conduit les eaux à Chantilly. Le réservoir est donc mal placé en principe, puisqu'il est trop loin de la ville, c'est-à-dire

du lieu de consommation. Aussi, lorsque le projet nous a été soumis, avons-nous insisté pour que le diamètre de la conduite d'adduction fût porté de 0^m,20 à 0^m,30; on l'avait calculé pour un débit peu supérieur à la consommation moyenne, et les écarts de la consommation sont nécessairement considérables dans une ville de plaisance, comptant de nombreuses écuries de courses.

La dépense s'est répartie comme il suit:

Terrains 12 000 francs, forage 10 3000, puits et pompes Letestu 19 700, machinerie 90 000, usine et maison de chauffeur 64 000, réservoir 40 600, canalisation 128 000, frais de surveillance 5 400; total 370 000 francs. La dépense annuelle d'entretien et d'exploitation est de 11 400 francs.

Les recettes vont atteindre, dès la seconde année, plus de 25 000 francs pour 4 500 habitants, soit 5^{fr},50 par tête; mais il s'agit d'une population toute spéciale.

Creil. *Eau de l'Oise, machine à vapeur.* — La ville de Creil est alimentée par une prise d'eau en Oise installée à l'amont de la ville; deux machines à vapeur marchant ensemble peuvent refouler 15 litres à la seconde dans un réservoir sur le coteau dominant la ville.

Le système de prise d'eau, établi sur la rive gauche de l'Oise, comprend: 1° un mur extérieur de garde d'une vingtaine de mètres de long avec barbacanes livrant passage à l'eau; 2° en arrière et à quelque distance est un mur parallèle au premier en briques, avec barbacanes laissant à l'eau un passage de 3^m2,500; 3° vient ensuite un troisième mur ajouré, séparé du précédent par un remplissage de sable et de gravier; 4° et enfin derrière ce mur on trouve une autre fosse longitudinale remplie de cailloux au fond de laquelle est logée la galerie qui renferme la crépine d'aspiration. Ce système de filtre est simplement dégrossisseur, et il est évident que, particulièrement en temps de crue, l'eau demeure louche; elle se décante un peu dans le réservoir de distribution à deux compartiments qu'il faut nettoyer périodiquement.

Toutefois, il ne semble pas que cette distribution, qui remonte à plusieurs années, ait engendré des maladies jusqu'à ce jour; il n'y a pas de localités de quelque importance établies le long de l'Oise à une assez grande distance à l'amont, et les chances de contamination de la rivière sont ainsi très faibles. Néanmoins, il est évident qu'un filtrage à domicile pour l'eau de boisson est une bonne précaution à prendre.

Alimentation des autres communes du département de l'Oise. — Il existe dans un certain nombre d'autres communes des

distributions d'eau plus ou moins complètes, dont la description nous entraînerait trop loin. Nous avons, dans ces dernières années, avec le concours dévoué de notre personnel, procédé à la reconnaissance et au jaugeage de toutes les sources du département, et nous avons également relevé tous les puits et toutes les mares ; le système hydraulique superficiel et souterrain de l'ensemble du département a pu être ainsi établi en plan et en altitude ; les distances ont été mesurées approximativement sur les plans du cadastre, les altitudes ont été fixées par des nivellements rapides avec le niveau à collimateur du colonel Goulier. Nous sommes maintenant en mesure d'indiquer à une commune quelconque les améliorations que comporte son système d'alimentation et ce qu'elle peut faire pour créer une distribution d'eau suffisante, et nous connaissons l'allure de toutes les nappes souterraines.

Nous pensons qu'un pareil travail pourrait être utilement entrepris par le personnel des Ponts et Chaussées dans la France entière, et mené à bonne fin en quelques années ; il rendrait certainement de grands services et contribuerait puissamment à améliorer l'alimentation d'eau, demeurée, dans bien des communes, si primitive et si défectueuse.

ORNE

Alençon. *Sources, conduite en fonte* (1892). — Deux sources contiguës, dans la vallée de la Briante, sont réunies dans un bassin d'où part une conduite en fonte de 0^m,30, de 5 000 mètres de long, suivant les accotements des voies publiques et aboutissant à un réservoir de 1 800 mètres cubes, en déblai, dominant la ville. Ce premier réservoir est relié à un autre réservoir de 600 mètres cubes à l'autre bout de la ville par une conduite d'équilibre ; la distribution est donc bien régulière. Eau excellente, marquant 11°,5. La source a été achetée 40 000 francs.

Service public : 90 bornes, 15 bouches. Abonnements : 20 francs par an pour un maximum de 50 mètres cubes, ensuite 0^{fr},36 le mètre. Ils sont consentis uniquement *au compteur*.

Mortagne. *Source, machines à vapeur* (1824). — Mortagne est sur une colline. Une source basse est refoulée, par deux machines à vapeur de 20 et 13 chevaux, dans deux réservoirs aériens en maçonnerie de 200 et 220 mètres cubes, l'un à 57 mètres et l'autre à 51 mètres en contre-haut de la source. Le débit disponible varie de 360 à 480 mètres

cubes par jour pour 4 045 habitants. Il y a 21 bornes et 3 robinets aux réservoirs. Les abonnements ne produisent que 2 573 francs.

Moulins-la-Marche. *Source, conduite en grès (1891).* — La source est amenée par une conduite libre en grès vernissé, de 1 977 mètres, de 0^m,12 de diamètre avec pentes variant de 0^m,001 à 0^m,0005 dans un réservoir de 60 mètres qui alimente un réseau en fonte avec 12 bornes, 1 abreuvoir et 1 lavoir. Débit constant : 100 mètres cubes par jour pour 800 habitants. Sur la conduite d'amenée, on a ménagé de petits regards assez rapprochés et de grands regards en briques avec plaque de fonte. Cette conduite, qui avait bien fonctionné pendant 18 mois, cessa un jour de couler ; on trouva alors qu'un tampon de racines, formant une énorme queue de renard, s'était développé à un petit regard fermé par des planches et que des fuites avec queues de renard existaient en beaucoup de points. La conduite se compose de bouts de 1 mètre assemblés à manchon et emboîtement avec joints en ciment ; or, l'entrepreneur avait fait les joints en argile, se contentant de les fermer avec un solin de ciment ; malgré l'absence de pression, ces joints ne purent rester étanches. C'est, du reste, le défaut d'étanchéité des joints et leur multiplicité qui constitue le vice principal des conduites en terre cuite.

Dans l'espèce, le mètre courant de conduite libre en grès a coûté 4^{fr},40 ; pour 2 francs de plus par mètre, soit pour 4 000 francs en tout, on avait un tuyau en fonte de 0^m,10 qui, fonctionnant sous pression, donnait un débit un peu supérieur et qui donnait toute garantie, en exigeant un entretien bien moindre. La réduction du prix des tuyaux en fonte a réduit considérablement les cas où il faut leur préférer la poterie.

Vimoutiers. *Sources.* — Deux sources, mal captées, sont amenées à des fontaines publiques par des tuyaux en fonte, en tôle bitumée ou en béton de ciment. Débit : 170 mètres cubes par jour pour 1 800 habitants desservis.

Domfront. *Eau de rivière, machine hydraulique.* — L'eau, de bonne qualité d'ailleurs, est puisée dans la rivière la Varenne par une machine hydraulique de 8 chevaux et refoulée dans un réservoir culminant. Service *concé* à une Compagnie.

La-Ferté-Macé. *Sources, conduites en fonte.* — Des sources de bonne qualité, prises à 4 kilomètres de la ville, sont amenées par une conduite en fonte dans un double réservoir de 600 mètres. Le débit

disponible n'est que de 300 mètres par jour pour 5 000 habitants ; mais il peut être doublé, paraît-il ; 30 bornes-fontaines.

Flers. *Drainages et sources, conduites en fonte.* — Des drains établis dans des prés recueillent les sources et les réunissent par un aqueduc dans une chambre, d'où part une conduite forcée en fonte, joints Lavril, aboutissant à un réservoir de 800 mètres. Il a fallu augmenter les captages primitifs, et on parle de les augmenter encore. Volume de 300 mètres cubes en été à 600 mètres cubes en hiver pour 10 000 habitants. Il y a 48 bornes-fontaines. Les abonnements ne sont donnés *qu'au compteur*.

Tinchebray. *Source, adduction par conduite en fonte.* — On prend 5 litres par seconde à une source abondante, située à 2 800 mètres de la ville et à 50 mètres au-dessus d'elle ; elle arrive à un réservoir de 400 mètres. Volume 432 mètres par jour pour 2 300 habitants. Il y a 20 bornes-fontaines et 2 lavoirs publics. Abonnements insignifiants. Dépense première, 80 000 francs ; entretien annuel, 600 francs.

PUY-DE-DOME

Clermont-Ferrand. *Trois sources, conduites en fonte.* — Cette ville est alimentée par trois sources venant de trois points distincts : 1° celle de la Grotte, déjà amenée à Clermont en 1511 par l'évêque Jacques d'Amboise, au moyen d'une conduite en pierre de Volvic, elle naît sous le village de Royat à la base d'une coulée de lave ; 2° celle des Combes, captée sous la lave de Pariou, dans la vallée de Durtal, par une galerie de 1^m,50 de large, 2 mètres de haut, 340^m,85 de long, pénétrant à 26 mètres au-dessous du sol ; 3° la source Marpon, qui naît en amont de Royat, captée comme la précédente par une galerie de 424 mètres de long.

Ces sources proviennent de l'infiltration des eaux pluviales dans la lave poreuse ; sur les deux flancs du Puy-de-Dôme on trouve ainsi des sources puissantes dont quelques-unes naissent dans de belles grottes. La figure 50 montre, d'après Daubrée, la formation des sources de Royat et de Fontanat à l'extrémité des coulées de lave.

Toutes ces eaux sont limpides et pures, parfois un peu chargées de silice ; celle de Marpon marque 6° à l'hydrotimètre et donne 0^{gr},132 seulement de résidu fixe à 100°.

La première sort à l'altitude 490^m,51; la seconde, à 658^m,30; la troisième, à 602^m,64. Toutes sont amenées par des conduites en fonte. La première alimente le réservoir des Roches, sis à 1 000 mètres de la source et à 200 mètres de Clermont, d'une capacité de 1 800 mètres cubes. De ce réservoir partent les conduites maîtresses de distribution sur lesquelles s'embranchent les conduites amenant les autres sources; il a fallu pour la seconde établir sur son parcours un regard brise-charge. Le réservoir recueille la portion non consommée des deux dernières sources; il est muni d'un trop-plein puissant.

La pression en ville est très considérable (l'avenue de Royat n'est qu'à la cote 384); on peut avoir un gros débit partout à un moment donné, mais les coups de béliers sont toujours à craindre.

Service public : 122 bornes dont 39 à jet continu, 187 bouches.

L'eau n'est vendue *qu'au compteur* à 0^{fr},25 le mètre cube avec minimum de 40 francs par an; tarif décroissant à partir de mille mètres cubes.

L'entretien est donné en adjudication avec un rabais de 24 0/0 sur les prix suivants :

L'entretien annuel d'un mètre linéaire de conduite en fonte.....	0 ^{fr} ,03
L'entretien d'une borne-fontaine.....	3
— d'une bouche.....	2
— d'un branchement pour appareils, robinets compris.....	4

Royat. *Source, conduite en poterie et en fonte* (1871). — La source est prise dans la lave, à 1 500 mètres à l'amont de Royat, au-dessous de la source Marpon qui alimente Clermont. Dans un puits de 3 mètres de profondeur, prend naissance la conduite d'adduction, de 0^m,18, qui est en poterie sur 1 000 mètres; comme la charge est de 40 mètres sur cette

longueur, on l'a coupée en quatre sections par des regards.

Service public : 29 jets continus et 4 bornes.

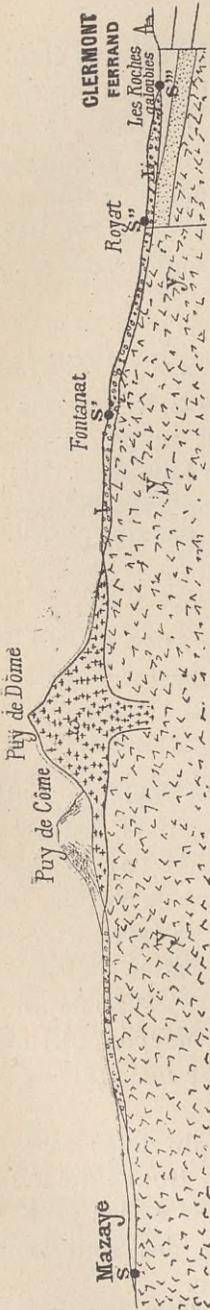


Fig. 50.

Mont-Dore. *Source, tuyaux de béton.* — Eau de source, amenée de 2 kilomètres par une conduite en béton de ciment. La captation a été faite presque à la surface dans les éboulis, ce qui donne une eau parfois trouble ; il eût fallu la pousser à la roche dure. Le service privé est insuffisant en été, notamment pour les ascenseurs des hôtels.

La Bourboule. *Sources.* — Sources pures provenant du basalte.

Issoire. *Galeries filtrantes, sources (1852).* — On recueille les eaux filtrées naturellement dans les deux rives de la Couze, 15 à 20 litres à la seconde, soit 1 300 mètres cubes pour 6 182 habitants ; 21 bornes à jet continu.

Saint-Germain-Lembron. *Sources, conduite en fonte (1881).* — Une bonne source granitique, à 1 500 mètres de la ville, est amenée dans un réservoir de 180 mètres cubes. Dépense 30 000 francs. Débit 250 mètres par jour pour 2 200 habitants ; 10 fontaines à jet continu.

Champeix. — Sources de terrains granitiques ; 70 à 108 mètres par jour pour 1 700 habitants. Dépense 23 000 francs. Même solution à Montaigut et à Saint-Nectaire.

La Tour-d'Auvergne. *Sources, conduite en ciment.* — Une conduite libre en ciment de 4 500 mètres de long amène 400 mètres cubes par jour à des fontaines à jet continu ; les coups de bélier sont donc moins à craindre, malgré la forte charge. La source jaillit au milieu des trachytes à la base du puy de Chambourguet.

Riom. *Sources, conduite en fonte (1600).* — On prend 24 litres à la seconde dans la source puissante de Saint-Genest, à 3 kilomètres de Riom, au pied de la coulée de lave du puy de la Nugère. Eau très pure : extrait sec 0^{gr},112 par litre, dont 0,024 de silice pouvant donner des dépôts durs. La canalisation d'amenée est double. Nombreuses fontaines à jet continu.

Les concessions se donnent à la ligne d'eau, 1^{lit}41 par minute, à raison de 30 francs par an et par ligne. Le produit devrait être plus élevé.

Aigueperse. *Galerie de captation (1800).* — Une galerie de captation de 500 mètres de long, creusée dans le calcaire à la hauteur de suintements, donne 60 à 150 mètres cubes par jour pour 14 bornes desservant 2 300 habitants. 26 litres par tête au minimum.

Thiers. *Sources, aqueducs en maçonnerie.* — Des aqueducs en maçonnerie, plus ou moins anciens, de 12 kilomètres de longueur, aboutissent à un réservoir de 1 200 mètres cubes. Ce sont de bonnes eaux, d'origine granitique, alimentant de nombreuses fontaines et bornes. Le débit d'été tombe à 200 mètres cubes par jour pour 11 831 habitants. Soit 17 litres par tête. Le produit ancien ne tombait jamais aussi bas. On se préoccupe de créer une nouvelle distribution.

Arlanc. *Eau de rivière, conduite en fonte.* — Un barrage sur la rivière de Dore refoule les eaux dans un réservoir par un aqueduc de 130 mètres à ciel ouvert. De ce réservoir, les eaux vont par une conduite en fonte à un réservoir voûté dominant la ville. Débit 302 mètres cubes par jour pour 1 800 habitants, ou 165 litres par tête. Dépense 79 000 francs. Il y a 920 francs d'abonnements annuels; il a été, en outre, consenti dix *concessions de 99 ans* pour 1 000 francs chacune. 16 fontaines publiques.

Chateldon. *Eau de rivière.* — Un barrage, à 500 mètres en amont du bourg, envoie, par l'intermédiaire de puisards filtres, l'eau d'un ruisseau dans une conduite en fonte de 0^m,04, qui alimente 6 bornes-fontaines. Débit 43 mètres cubes en été et 75 en hiver pour 2 700 habitants.

PYRÉNÉES (BASSES-)

Pau. *Source, aqueduc en ciment (1863).* — Un traité à forfait avait été passé, en 1863, pour l'établissement de la distribution d'eau de Pau; ce procédé, toujours vicieux, a donné lieu à des malfaçons et à des procès.

L'eau provient de la source du Nééz, à Rebenacq, source très abondante, jaillissant à 304 mètres d'altitude, formée vraisemblablement par une dérivation souterraine du Gave d'Ossau dont une partie s'engouffre dans des terrains perméables situés à 7 ou 8 kilomètres à l'amont de la source; celle-ci est généralement limpide, mais devient louche après les orages. Elle est pure et ne contient que 0^{gr},154 de résidu fixe par litre.

L'eau, reçue au départ dans un bassin de jaugeage, est amenée au réservoir de Guindalos de 1 500 mètres cubes, à l'altitude 240 mètres, le point culminant de la ville étant à 215; mais, entre le réservoir et la ville, il faut traverser le Gave de Pau dont l'altitude tombe à 174.

L'aqueduc d'aménée a une longueur de 21 871 mètres, dont 863 mètres en quatre siphons, le reste en aqueduc libre de section rectangulaire.

L'aqueduc libre, de section rectangulaire, de 0^m,40 de large sur 0^m,30 de haut, avec 0^m,08 d'épaisseur, devait être en *béton de ciment moulé*, mais les couverceaux seuls ont été fabriqués dans des moules où le béton bien comprimé forme une masse pleine et compacte; le radier et les piédroits ont été construits sur place; le béton s'est criblé de cavités et il s'y est formé des fissures, soit par retrait, soit par tassement.

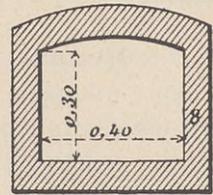


Fig. 51.

Cet aqueduc avait coûté environ 13 francs le mètre courant à forfait, tout compris.

Au bout de trois ans, les eaux de la source n'arrivaient plus au réservoir qu'en petite quantité; on découvrit l'aqueduc et on reconnut qu'il était en bien des points obstrué par des queues de renard, des faisceaux de racines, atteignant parfois 60 mètres de longueur, provenant des arbres du voisinage.

Il a fallu reprendre toute la conduite, la réparer, exhausser les murettes, arracher les arbres voisins et purger le sol de racines.

Le nouvel aqueduc amène 104 litres à la seconde; à l'origine, on ne devait lui demander que 70 litres.

La canalisation de distribution n'a été établie que pour ce dernier débit, aussi est-on loin d'utiliser les 104 litres, et l'expérience a montré qu'on n'en consommait guère que la moitié ou 52 litres. L'alimentation des quartiers hauts est insuffisante; partout, les branchements se sont multipliés et, aux heures de consommation générale, des maisons autrefois bien desservies ne reçoivent plus l'eau qu'en quantité insuffisante, avec une pression réduite. — En 1891, on a remanié et complété le réseau de 1863, et on a dépensé 220 000 francs pour obtenir un bon service.

L'entretien de la distribution est donné à forfait : 0^{fr},04 par an par mètre de conduite, 6 francs par borne, 3^{fr},50 par bouche 2^{fr},45 par urinoir, 0^{fr},88 par branchement, 5 francs par compteur; ces prix comprennent la robinetterie.

L'entretien de l'aqueduc d'aménée coûte 6 450 francs.

Communes diverses de l'arrondissement de Pau. — Diverses petites communes de l'arrondissement recueillent dans un bassin des sources qui naissent dans les coteaux et les amènent par des canalisations en fonte, de petit diamètre, à des fontaines publiques en maçonnerie ou à des bornes-fontaines à jet continu.

Oloron. *Eau de rivière, conduite en fonte* (1886). — L'eau du ruisseau de l'Ourteau, refoulée par un barrage à pierres sèches, est amenée par une conduite en fonte de 0^m,18 de 12 600 mètres de long, débitant 24 litres à la seconde, dans un réservoir culminant de 400 mètres cubes de capacité. La chute est d'environ 280 mètres. Les eaux sont bonnes et marquent 14°

Eaux-Bonnes. *Source, conduite en fonte.* — Une source recueillie dans un petit bassin est amenée par un tuyau en fonte de 1 380 mètres de long, de 0^m,175 de diamètre, à une cuvette d'où part la conduite principale, coupée elle-même par d'autres cuvettes de service. On distribue ainsi gratuitement 1 200 mètres cubes par jour à une population qui, à la saison, peut atteindre 4 000 habitants.

Diverses autres communes de l'arrondissement d'Oloron amènent en leur centre des sources de la montagne, et ont recours soit à des aqueducs à ciel ouvert, soit le plus souvent à des conduites en ciment de la Porte de France ou en poterie, soit à des conduites en fonte.

Orthez. *Source, conduite en fonte* (1859). — L'eau des sources de Casseloupoup est très pure, 0^{gr},0691 seulement de résidu sec par litre ; aussi a-t-elle produit des *tubercules* ferrugineux qui ont obstrué les premières conduites en fonte trop étroites. Ces concrétions desséchées prennent l'aspect de la rouille et renferment 77 0/0 de peroxyde de fer et 7 de silice ; par ébullition avec la potasse, les tubercules dégagent un peu d'ammoniaque.

L'eau recueillie dans un bassin de repos arrive par une conduite en fonte de 0^m,11 à 0^m,15, de 4 420 mètres de long, dans un réservoir supérieur d'où part une canalisation alimentant 14 bornes et une fontaine monumentale.

Navarrenç. *Eau du Gave, galerie filtrante, moteurs hydrauliques, éclairage électrique* (1891). — Une chute hydraulique, créée par une retenue du gave d'Oloron, donne, par une turbine, une puissance effective de 33 chevaux, destinée à une dynamo pour 400 lampes de 10 bougies, plus une puissance de 4,8 chevaux, destinée à élever 7^{lit},32 par seconde à une hauteur de 34^m,11, par une conduite en fonte de 0^m,16, de 140 mètres de long.

La galerie filtrante, aqueduc dallé de 143 mètres de long, est ménagée dans le massif de fondation de la digue de retenue ; un piédroit en briques creuses reçoit l'eau à travers les alluvions sablonneuses ; la fouille en dehors du piédroit a été remplie par de gros cailloux ; cet aqueduc a 0^m,01 de pente vers la rive, où il est établi sur le rocher et relié au puisard des pompes. Il y a un réservoir établi au-dessus de

l'ancienne poudrière : cuve en tôle de 7 mètres de diamètre et de 4^m,20 de haut. Service public : 2 bornes-fontaines, 10 bouches.

Bayonne. *Sources, conduite en fonte* (1896). — La ville de Bayonne a *concédé* sa nouvelle distribution d'eau pour soixante années. L'eau doit être prise aux excellentes sources de la montagne d'Ursuya, à 20 kilomètres de la ville, à l'aide de trois chambres de réception de 28 à 42 mètres carrés, avec tuyaux de captation en ciment ou en poterie. La conduite principale d'amenée est en fonte, posée à 1^m,40 au moins sous le sol, partant de l'altitude 140 et arrivant à 35 au moins ; le diamètre sera fixé par le concessionnaire, de manière à pouvoir débiter 4 500 mètres cubes par jour, quoique le débit soit fixé d'abord à 3 500 mètres cubes. Deux réservoirs de 1 000 et 6 000 mètres cubes.

La ville abandonne au concessionnaire les installations actuelles. Elle s'engage à contracter pour son service un abonnement de 1 200 mètres cubes par jour au minimum, 1 800 au maximum, à raison de 30 francs, 20 francs et 10 francs par an, pour chaque mètre cube par jour pour les trois périodes successives de vingt ans qui composent la concession. Pour les particuliers, le prix de vente du mètre cube par jour est fixé dans les mêmes conditions, à 110, 90 et 70 francs par an.

Pour une population de 45 000 âmes, on compte donc 100 litres par tête. Le prix du mètre cube d'eau ressort à 0^{fr},09 pour la ville et à 0^{fr},30 pour les particuliers, et la ville payera au moins 36 000 francs par an. La vente *au compteur* est obligatoire, le contrôle de la ville est sévèrement organisé par le cahier des charges.

La dépense est évaluée à 2 500 000 francs.

Biarritz. *Source, concession* (1891). — On a amené plusieurs sources dans un réservoir de 1 000 mètres. Canalisation en fonte. Débit : 1 500 à 2 600 mètres par jour, pour une population de 9 000 à 14 000 âmes. La ville reçoit gratuitement 400 mètres cubes par jour pour 40 bornes et 16 bouches.

Diverses communes de l'arrondissement de Bayonne captent des sources dominantes et les amènent à leurs fontaines publiques. Trop souvent, le débit se réduit considérablement en été. Les sources ou suintements sont recueillis dans des aqueducs ou des chambres, fondées sur le sol imperméable à la base du sol perméable et perpendiculaires au sens de l'écoulement. Ces aqueducs ou chambres sont limités à l'aval par un mur étanche et emprisonnant ainsi les eaux arrivant par l'amont. Les chambres sont recouvertes de terres et de gazons et munies de regards.

PYRÉNÉES (HAUTES-)

Tarbes. *Galerie de captation, aqueduc (1891).* — Une galerie ouverte à la base des assises perméables recueille les eaux d'une nappe souterraine dirigée vers l'Adour sur sa rive gauche et l'amène à un réservoir qui alimente un réseau en fonte. Service public : 90 bornes, 4 jets d'eau, 84 bouches.

Bagnères-de-Bigorre. *Sources, conduites en fonte (1867).* — Le lavage des rues étant assuré par des sources qui y versent leur produit, on s'est contenté de prendre 120 litres par seconde aux sources de la Sarre, amenées au réseau de distribution par une conduite maîtresse de 0^m,40, de 500 mètres de long, qui se ramifie. Service public : 52 bornes et 5 fontaines, 406 abonnements. Recettes : 3 200 francs en 1873, 4 616 en 1880, 7 075 en 1890 et 9 015 en 1894.

Cauterets. *Gave de Latour, conduite en fonte (1885).* — L'eau du Gave de Latour est prise à l'altitude de 1 120 mètres et amenée par une conduite en fonte de 0^m,24. Elle se décante dans un bassin à 1 052 mètres d'altitude. La place de la ville est à 932 mètres. La ville paye 800 francs au *concessionnaire* pour ses bornes-fontaines. La recette augmente de 200 francs par an.

Lourdes. *Sources, conduite en fonte (1877).* — Des sources, débitant 3 à 12 litres par seconde suivant les saisons, sont amenées à un réservoir de 50 mètres cubes, tout à fait insuffisant pour une population de 5 000 habitants.

Saint-Pé. *Sources, conduite en fonte (1892).* — Ce bourg, de 1 200 habitants, a dépensé 16 500 francs pour amener une source, qui produit par jour 170 mètres en été et 345 en automne.

Saint-Savin. *Sources, aqueduc ancien.* — Un aqueduc ancien, en maçonnerie ou taillé dans le roc, avait été établi autrefois par les moines pour amener les sources de Marsas : mais il avait fini par se combler et les eaux se perdaient et étaient détournées. On a refait la captation et on amène les eaux par une conduite en fonte qui verse ses eaux, d'une hauteur de 2 mètres, dans l'ancien bassin d'aération ; l'eau se brise sur le rocher, dissout l'air qui lui manquait et devient

plus agréable à boire. Du grand bassin, elle se rend par des tuyaux en fonte dans diverses fontaines, dont une monumentale. Ces eaux excellentes, un peu ferrugineuses, ont un débit de 259 mètres cubes par jour pour 506 habitants.

Argelès. *Eau du Gave, aqueduc (1830).* — Un barrage en pierres sèches sur le Gave d'Arun refoule les eaux dans un aqueduc couvert en maçonnerie, de 1 500 mètres de long, qui les amène à un réservoir central d'où part une canalisation en fonte à quatre branches.

Avant 1894, on donnait pour 100 francs une *concession perpétuelle* de 5 mètres par vingt-quatre heures; aujourd'hui les concessions ne sont données que pour dix ans, à raison de 15 francs par an.

Débit : 60 litres par seconde, 5 184 mètres cubes par jour pour 1 800 habitants. Service public : 14 fontaines et 1 jet d'eau.

Communes diverses. — De nombreuses communes, que nous ne pouvons citer, alimentent leurs fontaines publiques par des eaux de rivière et plus souvent par des sources qu'amènent des aqueducs ou des conduits. C'est un système qui se développe de plus en plus en pays de montagnes.

RHONE

Lyon. *Galeries et puits filtrants (1853), machines à vapeur.* — Nous avons étudié précédemment le système des galeries filtrantes et des puits établis dans les alluvions du Rhône pour l'alimentation de Lyon.

Le débit des premières galeries était de 35 000 mètres cubes par jour; à l'aide de puits foncés au hasard, on l'a porté à 60 000. Il alimente : 1° le bas service, 50 000 mètres sont refoulés à la cote 210 dans le réservoir de Saint-Clair; 2° le haut service, la Croix-Rousse; 7 000 mètres sont refoulés de Saint-Clair au réservoir de Montessuy, à la cote 254; 3° le service supérieur, Fourvières; 3 000 mètres sont refoulés au réservoir de la Sarra, altitude 297^m,20. Force des machines, 1 060 chevaux.

En 1888, tout cela était devenu insuffisant. On a établi à Saint-Clair, sur la rive droite du Rhône, six puits filtrants en amont des premiers, qui donnent 10 000 mètres cubes par jour. On fonce sur la rive gauche, en amont du parc de la Tête-d'Or, quarante puits qui devront donner 55 000 mètres cubes. On a créé deux nouveaux réservoirs à Rillieux et

à Brou (20 000 mètres) et de nouvelles machines à vapeur de 801 chevaux. On portera ainsi à 286 litres par tête le débit qui était tombé à 160 litres.

La Compagnie générale des Eaux est *concessionnaire* de la construction et de l'exploitation pour quatre-vingt-dix-neuf ans, à partir de 1853 ; la Compagnie fait état : 1° de ses dépenses d'exploitation augmentées de l'intérêt à 4 0/0 du capital de premier établissement ; 2° de ses recettes, y compris les subventions versées par la ville pour le service public. Le bénéfice net s'obtient par différence ; on sert d'abord 5 0/0 d'intérêt au capital de premier établissement et le reste est partagé par moitié entre la ville et la Compagnie.

En 1888, la ville avait décidé le rachat ; il n'a pas été poursuivi, mais on a modifié la convention : la Compagnie reçoit 9 0/0 de son capital arrêté au 1^{er} janvier 1888, plus la somme qu'elle recevait avant 1888 comme part de bénéfice, plus 25 0/0 sur l'accroissement des recettes à partir de 1888. Les dépenses de premier établissement faites depuis 1888 ont été payées par la ville, 6 millions et quart sur 17 millions.

Le service public absorbe 26 000 mètres cubes par jour, il est à peine suffisant. Il y a 600 bornes-fontaines, nombre que l'on juge trop élevé. Les recettes n'étaient que de 1 million en 1870 ; elles ont plus que doublé. L'abonnement ne se fait qu'au robinet libre et au robinet de jauge. La ville paye une redevance annuelle de 15 et 20 francs pour chaque mètre cube par jour du service public.

Égouts. — Il y a un réseau complet d'égouts dont les collecteurs débouchent dans la Saône et dans le Rhône.

Villefranche-sur-Saône. *Sources, conduites en ciment et en fonte ; concession* (1891). — Depuis 1839, un concessionnaire jouissant d'un privilège de 50 ans, fournissait à la ville 200 mètres cubes par jour d'une eau prise dans deux puits de 3 mètres de diamètre et de 30 à 35 mètres de profondeur ; cette eau était fort mauvaise et marquait 41 à 45°.

En 1888, la ville donna une concession nouvelle à la Compagnie générale des Eaux. On capte 19 sources de la vallée du Morgon remontant depuis 6 jusqu'à 10 kilomètres en amont de Villefranche ; ces sources, captées par de petites galeries ou par un réseau de drains, sont amenées dans des chambres en maçonnerie de 0^m,80 de côté, ménagées sur la conduite principale. Elles donnent de 1/4 de litre à 6 litres à la seconde, en tout 30 litres, mais des appareils régulateurs ne laissent prendre que 25 litres, car le décret déclaratif d'utilité publique n'a pas permis davantage, le reste devant retourner à la vallée.

Malheureusement, en été, le débit tombe à 12 ou 13 litres, 66 litres par tête au lieu de 133.

La conduite d'aménée, dont le diamètre croît de 0^m,08 à 0^m,34, est en tuyaux de ciment d'abord, puis en tuyaux de fonte de 0^m,34, lorsqu'elle devient forcée; elle est placée dans des tranchées de 1^m,50 à 2 mètres de profondeur et repose sur le terrain, lorsqu'il est solide, ou sur de fortes pierres. Une bande de terrain de 1 mètre a été achetée par la Compagnie. Réservoirs de 2 000 mètres donnant une charge en ville comprise entre 27 et 40 mètres.

La canalisation comprend une conduite maîtresse de 0^m,30 se bifurquant en deux tronçons qui se rejoignent, système maillé.

Service public: 60 bornes, espacées de 100 à 150 mètres, d'un débit de 25 litres à la minute. Bouches d'eau espacées de 50 à 90 mètres.

Service privé: se fait au robinet libre sur évier, calibré à 4 litres par minute; il y a quelques abonnements au compteur.

Une annuité de 18 000 francs est payée par la ville pour le service public, jusqu'à ce que les concessions particulières donnent 30 000 francs; au-delà l'annuité se réduit de 1 000 francs pour chaque augmentation de 5 000 francs dans les recettes. Un cube de 1 200 mètres est alloué pour le service public; chaque mètre cube en plus est payé 18 francs par an. Lorsque les bénéfices nets auront atteint 9 0/0 du capital de premier établissement, le surplus sera partagé par moitié.

La concession est de 74 ans.

Le service est insuffisant pendant 3 mois d'été. La Compagnie voudrait prendre de l'eau en supplément dans des puits filtrants à établir sur le bord de la Saône; mais la ville ne veut y consentir que si l'on crée une canalisation spéciale.

Amplepuis. *Sources, conduite en ciment, concession (1882).* — Une conduite libre en béton de ciment, de 7 869 mètres de long, amène les eaux de sources à un réservoir de 1 200 mètres; 13 bornes-fontaines. Le service est concédé pour 40 ans; la ville paye 2 000 francs par an; les recettes sont pour le concessionnaire. Débit, 864 mètres cubes par jour dont 144 réservés au service public.

Thizy. *Sources et drainages, conduite en fonte.* — La ville a drainé jusqu'à 2 mètres de profondeur des sources situées à 2 kilomètres et en a amené le produit par tuyaux en fonte de 0^m,135 à 0^m,10 à un réservoir de 250 mètres cubes. Service public, 6 bornes-fontaines. Le débit n'est que de 11 litres par tête, tout à fait insuffisant. On étudie l'adduction de nouvelles sources.

RHIN (HAUT-)

Belfort. *Drainage de diverses sources, conduites en fonte ou en ciment* (1869). — Les sources et eaux souterraines de la vallée de Sermaigny, captées par des drainages, sont recueillies dans des puits reliés entre eux par des drainages plus forts; d'un puits central part la conduite d'amenée de 0^m,35 de diamètre et 4 800 mètres de long, qui sert en même temps de conduite principale de distribution; son origine dans le puits est à 22 mètres au-dessus de la ville. Débit, 10 litres à la seconde. C'est le diamètre élevé de cette distribution et la présence des puits qui, sans doute, ont dispensé de créer un réservoir de distribution. Il vaudrait certainement mieux en avoir un, même médiocre, afin de régulariser la pression et le débit.

Une autre source du même vallon, captée dans un seul puits, est amenée en ville par une conduite de 0^m,20.

Une troisième source, naissant au pied du mamelon des Perches, est amenée à l'abattoir par une conduite de 0^m,10 de 660 mètres.

Service public, 64 bornes-fontaines.

Giromagny. *Sources diverses, conduites en terre cuite, en fonte.* — Une grande partie de la ville est alimentée par diverses sources que des tuyaux en terre cuite Zeller amènent à un réservoir en maçonnerie d'où part une conduite de distribution en fonte. D'autres quartiers sont alimentés par des sources particulières que conduisent, depuis un temps ancien, des tuyaux en terre cuite Zeller. Le système a toujours bien fonctionné.

En été, on supprime l'eau pour arrosage et les concessions privées pendant le jour.

D'autres communes, *Bawillars, Vourvenans* ont capté des sources voisines et s'en servent pour alimenter des fontaines, des abreuvoirs et des lavoirs.

SAONE (HAUTE-)

Vesoul. *Sources, conduites en fonte* (1890). — Deux sources, débitant l'une 12 et l'autre 7 litres, sont amenées dans un réservoir de 1 300 mètres cubes par deux conduites en fonte à joints Lavril, l'une de 5 117 mètres, l'autre de 3 270.

Service public, 46 bornes. Concessions privées au robinet de jauge.

Gray. *Puits, machines à vapeur* (1838-1888). — L'eau est prise dans un puits de 4 mètres de diamètre, situé à 100 mètres de la rive gauche de la Saône : cette eau, suspectée à cause de son voisinage de la ville, a été reconnue bonne. Une machine à vapeur la refoule, par un tuyau en fonte de 0^m,30 de 862 mètres, dans un réservoir composé d'un bassin en maçonnerie de 800 mètres cubes pour la ville basse surmonté de deux cuves métalliques de 200 mètres pour les quartiers hauts. Le service de l'usine de refoulement est assuré par un usinier qui, moyennant une allocation de 12 000 francs par an, monte 600 mètres cubes par jour ; il lui est accordé 1^r,50 pour chaque centaine de mètres cubes en supplément.

Cette combinaison est certainement commode pour une ville de moyenne importance.

Deux sources alimentent quatre fontaines à jet continu.

Lure. *Puits, sources, machines à vapeur* (1891). — L'alimentation de Lure a été établie par les ingénieurs du service hydraulique. L'eau est prise : 1° dans un puits artésien ; 2° à des sources.

1° Le puits a été creusé à 300 mètres de la ville dans une prairie tourbeuse. Il traverse des marnes roses ou vertes peu compactes jusqu'à 4^m,50, puis une couche de sable gris verdâtre contenant une première nappe aquifère, au dessous jusqu'à 12 mètres une marne grise compacte. A cette profondeur, on a trouvé une nappe artésienne s'élevant jusqu'à 0^m,60 au-dessus du sol naturel ; le débit à la seconde est de 0^{lit},30 au niveau du sol et 1^{lit},30 à 5^m,60 en contrebas, point où se fait l'aspiration. Le puits est maçonné pour éviter l'introduction de la première nappe ; la deuxième seule est recueillie par des barbacanes. En 1892, une épidémie de fièvre typhoïde a cependant été attribuée au puits, bien que les analyses n'y aient pas démontré l'existence du bacille ; l'eau en est aujourd'hui abandonnée pour l'alimentation.

2° La source de l'Église, dont le débit minimum est de 4 à 5 litres, jaillit d'un sol absolument inconsistant sur une profondeur indéfinie ; pour le captage, on a été forcé de s'en tenir au système ancien, consistant à couvrir la source avec une caisse carrée étanche, sans fond, en bon bois de chêne, entourée d'un bourrelet de terre ; la caisse est formée de cinq tronçons distincts, ayant 6 mètres de hauteur totale, reliés par des boulons ; le tout repose sur un cadre en charpente et est fermé par une plaque en tôle striée avec regard. La caisse a 1^m,20 de côté en œuvre ; elle a été posée dans une fouille blindée et le blindage a été abandonné. La source naît au milieu de la base ; elle

s'élève dans la caisse dont une paroi présente un tuyau d'adduction vers le réservoir, un tuyau de vidange et un de trop-plein.

Le réservoir de réception de la source et du puits a 250 mètres de capacité ; il est établi sur massif de béton de 1^m,60 d'épaisseur porté par des pilotis en chêne. C'est dans ce réservoir qu'aspirent les machines à vapeur et les pompes dont le système est double. Des indicateurs de niveau sont placés à l'usine sous les yeux du mécanicien.

Le réservoir de distribution, de 500 mètres cubes, alimente une canalisation en fonte.

Le puits a coûté environ 8 000 francs et le captage de la source 13 600 francs.

Le débit de la source varie d'ordinaire entre 200 et 300 litres à la minute, cependant il est tombé à 165 litres, le 3 novembre 1893, ce qui ne fait que 237 mètres cubes par jour pour 4 500 habitants, compris le régiment. Il y a 23 bornes et 32 bouches. Le puits donnait en moyenne 100 mètres cubes par jour.

Diverses communes du département ont capté des sources pour le service public ; les travaux ont été généralement dirigés par le service hydraulique du département. Nous citerons : *Chavanne*, conduite en fonte de 0^m,08 de 3 207 mètres de long, alimentant des fontaines, des abreuvoirs et lavoirs, dépense 21 400 francs pour 240 habitants ; *Trémoins*, conduite en fonte de 0^m,06, dépense 4 000 francs, 269 mètres cubes d'eau par jour pour 200 habitants ; *Moffans*, conduite en fonte de 0^m,09, de 2 158 mètres, captant trois sources du grès bigarré, réservoir de 100 mètres cubes, distribution en fonte, dépense 42 200 francs, pour 600 habitants, débit très variable pouvant tomber exceptionnellement à 50 mètres cubes par jour ; *Oiselay*, machine à colonne d'eau, une source débitant 220 litres à la minute est reçue alternativement dans les deux plateaux d'une balance d'eau, et chaque plateau actionne la tige d'un piston de refoulement, hauteur de chute 3^m,05 et de refoulement 13^m,75 ; huit coups simples en cinq minutes ; le refoulement se fait dans un réservoir de 36 mètres cubes, consommation d'un jour pour 600 habitants. Dépense 23 100 francs. Un bélier semblait indiqué, quoique le fonctionnement de l'appareil soit satisfaisant ; la commune d'*Aprémont* s'alimente par un système identique, dépense 25 750 francs pour 640 habitants ; *Charcenne* a deux béliers hydrauliques auxquels une conduite en fonte de 0^m,30 amène une source importante ; l'eau est refoulée dans un réservoir de 200 mètres cubes à 185 mètres de distance et à 29 mètres au-dessus des béliers. Dépense totale 46 000 francs pour 466 habitants, débit 115 mètres

cubes par jour ; *Champlitte* élève les eaux d'une source à l'aide d'une turbine actionnée par une rivière, dépense 106 000 francs, dépense annuelle 2 500 francs, consommation 140 mètres cubes par jour pour 2 250 habitants, 17 bornes-fontaines et deux abreuvoirs ; la commune de *Membrey* a deux *béliers* hydrauliques qui ne fonctionnent pas régulièrement ; la commune de *Pesmes* a aussi deux béliers, dont le petit fonctionne seul lorsque le débit de la source diminue, elle a même tari en 1893.

SAONE-ET-LOIRE

Chalon-sur-Saône. *Puits filtrants conjugués, machines à vapeur* (1875). — Dans un banc de sable et gravier, sur le bord de la Saône, on a établi 7 puits filtrants, répartis immédiatement en avant de l'usine élévatrice, sur la circonférence d'un demi cercle de 16 mètres de rayon ; leur espacement d'axe en axe est donc de $8^m,30$. La figure 52 donne la coupe d'un de ces puits ; ils sont murés à la partie supérieure avec un diamètre de $1^m,40$ et se prolongent par des tubes en tôle de $0^m,30$ de diamètre ; sur une hauteur de 4 mètres à leur base, ils sont percés de petites barbicanes de 25 sur 6 millimètres qui permettent l'introduction de l'eau. On procède à des nettoyages de ces tubes tous les trois ou quatre ans ; en 1894, on a trouvé en moyenne 70 litres de sable dans chacun des tubes ; on ne s'est jamais aperçu que les pompes en refoulent dans les bassins.

Un tuyau d'aspiration de $0^m,16$ de diamètre est logé dans chaque puits et se recourbe horizontalement ; les sept tuyaux aboutissent à une chapelle ou puisard unique, placé au centre du demi-cercle, dans lequel plongent les tuyaux d'aspiration des deux pompes. Le puisard central s'alimente par siphonnement.

Il y a deux machines de refoulement ; chaque machine, de 25 chevaux nominaux, à détente et à condensation, fait 12 tours à la minute, course des pistons 1 mètre, diamètre $0^m,75$; les pompes sont liées directement à la tige des pistons de vapeur, diamètre des plongeurs $0^m,40$; chaque pompe est foulante à la descente, aspirante à la remonte ; les pompes sont verticales et logées dans un puits au-des-



Fig. 52.

sous des cylindres à vapeur ; elles élèvent 50 litres à la seconde, 180 mètres cubes d'eau par heure à la hauteur de 28^m,50, par une conduite de 0^m,40, de 1 325 mètres de long, dans un réservoir de 4 000 mètres cubes. La hauteur maxima d'aspiration est de 6^m,75, et la dénivellation du plan d'eau atteint 2^m,50 à 3 mètres pour le débit de 50 litres.

Les bâtiments ont coûté 100 000 francs, le réservoir 112 300 francs, les machines et les puits 117 500 francs, la cheminée 8 200 francs. Toute la canalisation est en fonte, à cordon et emboîtement.

Le personnel comprend : 1 inspecteur, 1 chef fontainier, 2 fontainiers, 1 plombier, 1 mécanicien et 1 chauffeur. Ce personnel coûte 13 400 francs par an, le combustible 16 150 francs. Le débit total, 3 600 mètres cubes par jour, est absorbé en été ; en hiver, les machines fonctionnent 12 à 15 heures.

Les recettes ont augmenté de 6 000 francs de 1890 à 1894.

Service public : 1 fontaine monumentale, 114 bornes, 117 bouches, 53 urinoirs.

Le débit des pompes est presque insuffisant pour les besoins de la population ; il faudra augmenter les machines et les puits.

Le système des puits isolés a donné de bons résultats ; nous avons dit ailleurs combien il était difficile d'assurer le bon fonctionnement des puits forés dans le sable. Il est probable que, dans le cas actuel, un puits de grand diamètre, descendu à l'air comprimé, avec double enveloppe de gravier, eût donné également de bons résultats. L'eau est limpide, mais elle marque 29° à l'hydrotimètre et renferme 0^{gr},329 de résidu sec par litre.

Égouts. — Il y a d'anciens égouts voûtés à radier plat, on les complète par des égouts ovoïdes ; les collecteurs aboutissent dans la Saône.

Autun. *Sources drainées, conduite en ciment (1854).* — Les plateaux qui dominant la ville sont couverts d'une arène granitique, qui absorbe facilement les eaux pluviales, mais qui les rend facilement aussi à l'atmosphère par l'évaporation. Il y a donc de grandes variations dans le débit des eaux souterraines, remarquables, du reste, par leur pureté ; les variations du débit ont trompé les espérances premières, et le débit tombe souvent, pendant les trois mois d'été, à 600 mètres cubes par jour pour 13 000 habitants.

L'eau est donc captée sur le plateau granitique de Montjeu, à la cote 550 mètres, à l'aide de drains et de pierrées à 2 ou 3 mètres de profondeur ; les drains se réunissent dans un petit bassin d'où part la conduite libre d'adduction en béton de ciment, qui alimente le réservoir.

voir de Saint-Blaise, altitude 394 mètres; les points les plus élevés de la ville sont à 375 mètres.

Il n'y a que 145 abonnés, *au compteur*.

Charolles. *Sources, conduites en fonte* (1884-1886). — 1° Les sources de Maupré, eau pure, marquant 17°, résidu fixe 0^{gr},203, température 12 à 13°, débit variant de 5^{lit},5 à 9^{lit},7, sont amenées par une conduite de 0^m,15 de 1 618 mètres de long avec charge totale de 3 mètres à un réservoir qui alimente la partie principale de la ville, 2 250 habitants, ce qui fait au minimum 192 litres par tête;

2° La source de Malessard, débit 0^{lit},74 par seconde, alimente le quartier haut, 400 habitants. Conduite en fonte de 0^m,05 de 1 170 mètres avec charge de 0^m,01126.

Bourbon-Lancy. *Sources, conduites en grès vernissé, puis en fonte* (1861-1894). — On a capté des sources supérieures à la ville, sources sortant des terrains schisteux et granitiques, très pures, marquant 4°,5, ne donnant que 0^{gr},150 de résidu sec par litre, fraîches et limpides.

Elles sont amenées par des tuyaux de grès de 0^m,08 dans un bassin de 2 mètres sur 2 mètres, d'où part la conduite libre d'adduction de 6 200 mètres de long, dont la chute totale est de 34^m,26; la pente est continue, mais variable sans tomber au-dessous de 0^m,001. En 1863, on posa une *conduite en grès vernissé* de 0^m,12 de diamètre, avec joints cimentés à cordon et emboîtement; dans les dernières années, elle était constamment envahie par les queues de renard, on construisit des regards très rapprochés et l'entretien fut très onéreux. Aussi, en 1894, on la remplaça par une conduite en fonte de 0^m,125 à joints Lavril.

La conduite libre se termine par un siphon de 875 mètres, ayant 6^m,75 de différence de niveau entre les deux têtes, en tuyaux de 0^m,081; le débit peut donc atteindre 3^{lit},236 à la seconde. Regards tous les 600 mètres.

Un réservoir de 260 mètres cubes termine le siphon; il est circulaire, diamètre 14 mètres, profondeur 1^m,70, voûte en calotte sphérique de 2 mètres de flèche avec 0^m,30 de terre; on descend à l'intérieur par un regard central correspondant à un noyau circulaire formant plate-forme.

Le siphon de 0^m,081 était arrivé à ne plus débiter ce que lui amenait la conduite libre; on reconnut que *des dépôts* granuleux d'oxydes tapissaient les parois et avaient réduit le diamètre à 0^m,07. C'est un effet déjà signalé avec des eaux très pures. On doit adopter un siphon de 0^m,10.

Il y a 28 bornes-fontaines; pas de service privé.

Le Creusot. Ruisseaux, aqueducs. — La Compagnie Schneider a amené, en 1862, par une conduite en fonte de 5 kilomètres, avec souterrain de 425 mètres, le ruisseau de Saint-Sernin du Bois, d'origine granitique, donnant 400 à 1 100 mètres cubes par jour; en 1875, elle a amené le ruisseau du Rançon par une conduite de 27 kilomètres, formée d'aqueducs en ciment, de conduites en fonte et d'un souterrain de 550 mètres de long, débit variant de 3 400 à 1 500 mètres cubes. La dépense a été de 416 000 francs pour le Saint-Sernin et de 1 573 000 francs pour le Rançon. Les eaux, d'origine granitique, sont pures et salubres. Elles servent à l'alimentation et aux besoins industriels.

SAVOIE

Chambéry. Source, puits dans la nappe souterraine et machines à vapeur (1890). — La source Saint-Martin, dominant la ville, un peu chargée de sels calcaires comme toutes les eaux du pays, est amenée par un tuyau en fonte de 0^m,15, d'environ 250 mètres de long, au réservoir en maçonnerie fondé sur le rocher et divisé en deux compartiments de chacun 1 500 mètres cubes. Malheureusement le débit de la source varie de 150 à 3 litres par seconde; pendant 7 mois de l'année elle suffit seule; en été, il faut recourir aux puits et aux machines.

Le puits de captage a été établi à l'amont de la ville et descendu par l'air comprimé à 10 mètres de profondeur. Il est formé de deux cylindres concentriques en tôle: l'extérieur a 3 mètres de diamètre, l'intérieur a 1^m,25 de diamètre sur la moitié supérieure et 2 mètres sur la moitié inférieure. L'intervalle entre les deux cylindres a été rempli en béton de ciment au fur et à mesure de la descente; le puits ne reçoit donc que les eaux du fond par une couche de gravier de 1 mètre d'épaisseur; ces eaux s'élèvent à l'intérieur et souvent dépassent le sommet de 0^m,25; la crépine est à 3^m,50 au-dessus du fond. On peut extraire 40 litres par seconde sans inconvénient. L'eau est la même comme qualité que celle de la source.

Il y a deux machines de 15 chevaux avec pompes Girard; il y a 45 mètres de hauteur et 280 mètres de distance entre les pompes et le réservoir, tuyau en fonte de 0^m,20. Chaque machine refoule 12^{lit},5 à la seconde en marche normale et 15 litres en marche accélérée.

Le puits, l'usine et les machines ont coûté 80 000 francs. L'usine coûte 4 200 francs par an.

Service public: 68 bornes, 3 lavoirs, une fontaine monumentale.

La canalisation en fonte est logée à une profondeur de 1^m,20 mesurée au-dessus des tuyaux.

Égouts. — Il y a un réseau d'égouts de forme ovoïde, de 1^m,50 de hauteur uniforme avec diamètre compris entre 0^m,70 et 2^m,50; le radier a toujours la forme d'un arc ayant pour flèche 1/10 de l'ouverture; le collecteur débouche dans un canal allant au lac du Bourget et arrosant les prairies sur son parcours.

Aix-les-Bains. *Sources, aqueducs, concession* (1884). — Les eaux proviennent des sources diverses captées sur le versant du Revard; elles sont calcaires et contiennent 0^{gr},310 de résidu fixe par litre. Il y a 8 420 mètres de canaux d'adduction et 4 réservoirs de 2 700 mètres cubes. On capte de nouvelles sources et on établit 6 500 mètres de nouveaux canaux.

Il y a des variations considérables dans le débit; en moyenne, on a 4 300 mètres cubes, mais en été on tombe à 1 200, et en 1893 on est même descendu à 518 mètres cubes. La population agglomérée n'est que de 3 800, mais pendant la saison on dessert chaque jour plus de 10 000 personnes. On compte un nombre considérable de bornes, 54; les abonnements se font au robinet de jauge ou au compteur.

La concession est accordée pour 50 années. Le concessionnaire est tenu de fournir 2 500 mètres cubes par jour au minimum et d'accroître le volume, suivant les besoins; il fournit 1 500 mètres pour le service public et reçoit une subvention annuelle de 12 000 francs de la ville. Tout le service est à sa charge.

Les difficultés entre lui et la ville se renouvellent sans cesse.

Égouts. — Il y a un réseau d'égouts ovoïdes; deux types de 1^m,45 de haut sur 0^m,70 et de 0^m,70 de haut sur 0^m,50. Un collecteur conduit les eaux dans le lac du Bourget.

Saint-Jean-de-Maurienne. *Source et ruisseau* (1888). — Divers drainages alimentent une petite distribution. Mais la distribution principale provient du ruisseau de la Grolière, débit moyen très variable, 2^{lit},30 en moyenne, eaux de qualité médiocre, louches, sans fraîcheur. Il y a bien un bassin de décantation et de filtrage, mais la *chambre du filtre* n'a que 12 mètres carrés; la couche filtrante, parcourue de bas en haut, se compose de 0^m,40 de pierres cassées posées sur des madriers non jointifs. Ce filtre est insuffisant.

Albertville. *Sources, conduites en ciment, en fonte.* — Les eaux d'un groupe sont amenées par une conduite en ciment de 8 kilomètres et celles d'un autre par une conduite en fonte de 2^{km},500. Service public, 36 bornes.

Moutiers. *Ruisseau, adduction à frais communs avec la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée.* — Les eaux d'un ruisseau sont prises à 9 kilomètres de la ville et amenées par une conduite en béton de ciment, lorsqu'elle est libre, en fonte lorsqu'elle est forcée. Le travail a été fait pour les deux tiers à la charge de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée; la ville et la Compagnie ont chacun un réservoir. La chute entre le ruisseau et les réservoirs est de 280 mètres environ; la conduite libre en ciment présente des regards brise-charge; sur la conduite forcée il y a des ventouses aux points hauts, des vannes de vidange aux points bas. Débit, 10^{lit},78 par seconde, soit 930 mètres cubes par jour, sur lesquels la Compagnie prend 250 mètres cubes. 15 bornes-fontaines.

Bourg-Saint-Maurice. *Sources, conduites en ciment.* — Deux sources, à 4 500 mètres et à 3 400 mètres du bourg, sont amenées par des conduites en grande partie en ciment, de 0^m,06 à 0^m,112 de diamètre, dans un réservoir de distribution de 100 mètres cubes. Dépense 55 000 francs. Débit, 258 mètres par jour pour 800 habitants, soit 360 litres par tête. Service public très large, pas encore de service privé.

Les communes de *Saint-Jeoire, Frontenex, Mollettes* ont aussi amené des sources pour alimenter leurs fontaines publiques.

SAVOIE (HAUTE-)

Annecy. *Source, tuyaux en ciment et en fonte (1888).* — Une ancienne source alimentant 13 bornes a été conservée. On a recueilli en outre, la source du Var, qui sort du rocher sur le versant du Semnoz, à l'altitude 690; c'est une eau limpide et fraîche, légèrement alcaline, marquant 13° à l'hydrotimètre et contenant 0^{gr},260 de résidu sec par litre. Sur 4 674 mètres, jusqu'à la cote 503^m,25, on trouve une conduite en ciment de 0^m,13; sur 5 613 mètres à la suite, jusqu'à la cote 481^m,75, avec passage par la cote 447, on trouve une conduite en fonte de 0^m,20; vient ensuite sur 913 mètres, une conduite en ciment de 0^m,20 qui aboutit à la cote 475, dans un réservoir de 300 mètres cubes creusé dans le roc. L'abonnement se fait à raison de 15 francs par an pour 100 litres par jour, et 0^{fr},25 par mètre cube en plus.

Bonneville. *Sources, conduites en fonte (1890).* — Les sources, situées à 200 mètres au-dessus de la ville dans les éboulis de la mon-

tagne, sont captées dans une galerie avec piédroit à pierres sèches du côté d'amont, descendue jusqu'à l'argile imperméable; sa profondeur atteint 12 mètres et sa longueur 80 mètres. Les eaux sont amenées par des tuyaux en fonte à un réservoir de 400 mètres. Le service privé ne pourra se développer.

Thônes. *Sources et drains, conduite en fonte* (1890). — Les eaux sont drainées dans la forêt du Mont et passent dans un filtre à quatre compartiments avec gravier, charbon et sable, avant d'entrer dans un réservoir de 180 mètres cubes, qui alimente une chambre de distribution en fonte à 26 mètres au-dessous de lui. En hiver, les bornes-fontaines sont à jet continu; pour éviter la congélation, on a dû laisser du jeu aux branchements en plomb et non les tendre, afin qu'ils ne se brisent pas en hiver.

Sallanches. *Source, conduite en fonte* (1892). — Une conduite de 5 240 mètres de long amène une source dans un réservoir de 340 mètres cubes établi à 60 mètres au-dessus de la ville. Une fontaine monumentale, deux lavoirs-abreuvoirs, 14 bornes, 18 bouches.

Compagnie des Eaux-Belles, *alimentant plusieurs communes; source, turbine et machines à vapeur* (1886). — La source, recueillie sur le versant du petit Salève, à la cote 432, est conduite par un tuyau de fonte de 0^m,40 sur une turbine à la cote 400; elle est refoulée dans un réservoir dont le plafond est à la cote 500 et la surface à la cote 506, contenance 450 mètres cubes. Une pompe peut refouler 400 litres par minute, quand la source en fournit 3 000. En 1893, le débit de la source étant tombé à 915 litres, la Compagnie a établi une machine à vapeur de secours.

La Compagnie dessert les communes d'Étrembières, Annemasse et Ville-le-Grand en France, celles de Presinges et Jussy sur le canton de Genève.

Sa conduite principale, de 7 kilomètres de long, se termine au château de Crest; elle a un diamètre décroissant de 0^m,200 à 0^m,05. C'est une conduite en fonte avec ventouses, vannes d'arrêt et de décharge.

Frais annuels variables de 3 000 à 8 000 francs.

La recette avait passé de 10 000 à 15 000 francs de 1887 à 1893, mais elle a baissé de 5 000 francs en 1894, parce que la Compagnie P.-L.-M. n'alimente plus son dépôt d'Annemasse. La distribution n'alimente aucun service public,

Sa recette, en 1894, est de 10 050 francs pour 5 000 habitants desservis. La dépense première s'est élevée à 289 000 francs.

SEINE

Paris. — Nous avons donné précédemment l'historique des eaux de Paris. D'après M. Bechmann, la recette des abonnements s'élevait à environ 10 millions de francs, en 1888, pour 2 300 000 habitants desservis, soit 4^{fr},35 par tête.

L'exploitation se fait par la Compagnie générale des eaux, sous forme de régie intéressée; d'après son compte rendu officiel, la Compagnie générale aurait tiré, en 1893, de cette régie un produit brut de 2 774 000 francs pour 587 000 francs de frais.

On estime que le produit de la vente des eaux couvre facilement l'intérêt de la dépense première.

Le prix de vente de l'eau de source est de 0^{fr},35 le mètre cube, mesuré au compteur; ce prix est porté à 0^{fr},60 pour l'eau de source employée à faire mouvoir des engins mécaniques, tels que les ascenseurs. En dehors de cette application, l'eau de source est réservée aux usages domestiques.

Le prix de l'eau de rivière est de 0^{fr},15 le mètre cube.

Communes suburbaines alimentées par la Compagnie générale des Eaux. — La plupart des communes du département de la Seine, sauf 6 communes de la presqu'île de Gennevilliers, sont alimentées en eau de Seine, d'Oise ou de Marne par la Compagnie générale des Eaux, qui dessert en même temps plusieurs communes de Seine-et-Oise et Seine-et-Marne.

Les prises d'eau principales sont à Choisy-le-Roi sur la Seine, à Neuilly et à Nogent sur la Marne, à Méry sur l'Oise, et à ces usines correspondent les réservoirs de Villejuif, Montreuil-sous-Bois et Bessancourt.

Une canalisation maîtresse, partant de Choisy-le-Roi, de Neuilly et Nogent, fait le tour de Paris par le sud et par le nord et constitue une ceinture qui porte les eaux de l'amont aux communes d'aval; elle est reliée à la conduite maîtresse partant de Méry-sur-Oise, qui distribue l'eau de l'Oise à la région de Saint-Leu-Taverny, Montmorency et Argenteuil. Des réservoirs en construction à Puteaux et Pierrefitte vont recevoir les excédents du débit de la conduite de ceinture.

Par convention du 20 janvier 1894, la Compagnie s'est engagée à *épurer* toutes les eaux de rivière livrées aux communes suburbaines; elle doit fournir 70 000 mètres cubes d'eau épurée et filtrée par jour.

Le service a commencé en 1896; le système *Anderson* a été installé à l'usine de Choisy qui fournit 50 000 mètres cubes. La surface des filtres doit correspondre à une production journalière maxima de 5 mètres cubes par mètre carré; l'aération par insufflation doit être énergique; la réduction en bactéries doit être d'au moins 99,6 0/0, sans toutefois que l'on puisse exiger une teneur inférieure à 400 colonies par centimètre cube. L'intérêt et l'amortissement du capital de 4 600 000 francs fixé à forfait est garanti à 3,5 0/0, par une annuité de 230 000 francs pendant 35 ans; l'annuité est constituée d'abord par une augmentation de 0^{fr},01 par mètre cube d'eau vendue tant aux communes qu'aux particuliers, puis par le département en cas d'insuffisance.

Dans le département de la Seine, la Compagnie générale des Eaux dessert 62 communes dont la population, aujourd'hui accrue, était de 603 281 habitants en 1890.

Le volume d'eau distribuée atteint 70 000 mètres cubes par jour, soit environ 100 litres par tête; on peut, du reste, le proportionner aux besoins.

Avec chaque commune la Compagnie a un traité spécial. Les premiers traités expirent en 1902, mais il en est qui vont jusqu'en 1953.

D'après le compte rendu de la Compagnie, la dépense du premier établissement pour les communes qu'elle dessert dans les trois départements s'élevait, fin 1893, à 27 457 000 francs; les dépenses s'étaient élevées en 1893 à 1 042 000 francs et les recettes à 4 223 000 francs; mais il est probable que ces recettes comprennent des produits autres que la vente de l'eau.

Le service public est assuré aux frais des communes; il est généralement suffisant.

Le prix de vente de l'eau est variable suivant les conventions passées avec les diverses communes; l'intérêt commercial de la Compagnie la portait, du reste, à mettre son tarif en rapport avec les besoins afin de développer la consommation.

Pour 100 à 150 litres par jour, la redevance annuelle fait ressortir le prix du mètre cube à un taux compris entre 0^{fr},50 et 1^{fr},23, en moyenne 0^{fr},75 environ.

Pour 250 litres par jour, l'abonnement annuel varie de 70 francs à 40 francs par an, pour 500 litres de 75 à 100 francs, pour 1 000 litres de 120 à 160 francs. Au-dessus de 1 000 litres par jour, le tarif est très légèrement décroissant.

En somme, le mètre cube d'eau se vend en moyenne 0^{fr},55 pour une consommation de 500 litres et 0^{fr},45 pour une consommation de 1 000 litres par jour.

Il est accordé aux communes une réduction généralement fixée à 50 0/0, qui met le prix du mètre cube à environ 0^{fr},25 en moyenne.

Depuis 1896, le prix du mètre cube est majoré de 0^{fr},01, soit 3^{fr},65 par an pour un mètre cube par jour.

Communes suburbaines alimentées par la Compagnie des Eaux de la Banlieue. — Cette Compagnie alimente les communes de Suresnes, Nanterre, Gennevilliers, Colombes, Asnières et Courbevoie, plus Rueil dans le département de Seine-et-Oise.

L'eau, prise dans la Seine à l'amont du barrage de Suresnes, est refoulée par machines à vapeur dans des réservoirs de 20 000 mètres cubes. L'usine est à l'altitude 30^m,89, les réservoirs du haut service à la cote 100 et ceux du bas service à la cote 72. Les réservoirs desservent 290 kilomètres de canalisation. On se préoccupe d'épurer et de filtrer l'eau fournie.

Les traités particuliers avec les communes expirent en 1925, 1924 et 1950. Le volume distribué varie de 6 000 à 25 000 mètres cubes suivant les saisons; la population desservie s'élevait à 80 760 au recensement de 1890.

Nous n'avons pu obtenir de renseignements sur les résultats financiers. Les prix de vente pour une consommation journalière de 125, 250, 500, 1 000 litres sont de 25, 40, 60 et 100 francs par an, avec robinet de jauge, ou robinet libre.

Le prix de vente au compteur est de 0^{fr},30 le mètre cube environ; les compteurs Siemens sont fournis et posés par la Compagnie.

L'eau est fournie gratuitement à deux communes pour le service public et vendue 0^{fr},04 le mètre cube aux autres (voir Seine-et-Oise).

Égouts du département de la Seine. — Les communes voisines de la Seine et de la Marne déversent leurs eaux usées dans ces deux rivières. L'État s'est décidé, comme pour Paris, à proscrire ces déversements. M. Hétier, ingénieur en chef de la Seine, a, en conséquence, dressé un projet d'assainissement de la banlieue. Ce projet se divise en deux parties :

1° *Assainissement d'amont.* — Quatre usines, Alfortville, Pont de Créteil, Fond de Beauté, Choisy-le-Roi, desservent chacune un groupe d'égouts; les collecteurs y amènent les eaux à épurer et des tuyaux de refoulement les conduisent sur les terrains à irriguer. Ces usines reçoivent même le produit de quelques quartiers bas de Paris. La première refoule les eaux sur les terrains irriguables de Créteil; elle comprend un volume d'eau débité variant de 64 000 à 110 000 mètres cubes par jour et est calculée pour un débit de 121 000. L'usine du

pont de Créteil doit prendre les eaux de la presqu'île de Marne, calculée pour un débit de 4 000 mètres cubes par jour. La troisième et la quatrième, débits de 25 000 et de 2 600 mètres cubes. Dépense totale du groupe, 4 millions.

2° *Assainissement d'aval*. — Le collecteur de la rive droite est relié par un siphon, à Suresnes, à celui de la rive gauche ; les eaux relevées de 6^m,50 sont déversées dans une galerie qui les mène à Asnières ; une nouvelle machine les relève de 5 mètres dans une galerie qui les conduit à l'usine municipale d'Argenteuil ; cette usine refoule déjà les eaux de Paris dans les terrains irriguables d'Achères. Dépense, 2 400 000 francs. L'assainissement d'aval est complété par l'usine de Saint-Denis, qui refoulera 110 000 mètres cubes par jour dans la plaine d'Aulnay-les-Bondy ; dépense, 2 625 000 francs.

Ainsi, ce projet comporte uniquement l'épuration agricole ; mais, grâce à ses usines multiples, il se prête également à tous les essais de purification chimique. Dépense totale, 8 725 000 francs, à répartir entre les particuliers, les communes, la ville de Paris et l'État.

Les dépenses annuelles d'exploitation sont évaluées à 856 000 fr.

Savoir :

Intérêt du capital	220 000 fr.
Curage et entretien du réseau.....	110 000
Entretien et exploitation des usines	496 000
Frais d'épandage.....	30 000

On compte sur une surface d'irrigation de 2 600 hectares, Achères non compris, à raison de 30 000 mètres cubes d'eau par hectare et par an.

Le volume des eaux à traiter journallement étant de 200 000, la dépense précédente correspond à 73 millions de mètres cubes par an, ce qui met le prix de revient de l'assainissement à 12 millimes par mètre cube. L'opération s'applique à 600 000 habitants et représente une charge annuelle de 1^{fr},35 par tête.

SEINE-ET-MARNE

Melun. *Eau de la Seine, machines à vapeur, Compagnie concessionnaire* (1880). — L'eau de la Seine, marquant 22° à l'hydrotimètre, est prise à 400 mètres en amont du pont et refoulée, par deux machines Corliss, l'une de 12 et l'autre de 18 chevaux, dans une conduite maîtresse de distribution. Les excédents de la consommation s'emma-

gasinent dans trois réservoirs de 350, 325 et 52 mètres cubes et servent à l'alimentation pendant l'arrêt des machines.

La Compagnie concessionnaire exploite pour son compte, à charge par elle de verser un quart des recettes supérieures à 40 000 francs, déduction faite de la redevance due par la ville même pour sa consommation. — La ville a, en effet, pour son service public, un abonnement de 21 000 francs par an pour 500 mètres cubes par jour, et elle a droit à 100 mètres cubes de plus par jour pour chaque augmentation de recette de 10 000 francs au-dessus du minimum de 40 000.

Depuis 1880, la recette est en progression moyenne de 1 000 francs par an. Elle s'élève à 5^{fr},55 par tête; c'est une des plus élevées, mais il faudrait retrancher les 21 000 francs de la redevance de la ville, ce qui ramènerait la recette à 4 francs par tête.

La consommation est de 900 mètres en hiver, 2 000 en été, soit 70 et 150 litres par tête.

Fontainebleau. *Nappe souterraine de la vallée de la Seine, machines à vapeur* (1856). — L'eau est prise dans un puisard, creusé dans la vallée de la Seine, à 134 mètres du fleuve, au pied des coteaux de la forêt de Fontainebleau. A l'origine, le puisard était relié par une buse à la Seine, mais cette buse étant venue à se rompre, on reconnut que le débit du puisard n'en souffrait pas et on supprima la communication. On prend donc l'eau de la nappe qui coule à la base des sables de Fontainebleau; elle est bonne et marque 21°, alors que l'eau de Seine marque 17 à 19. Le puisard pouvait fournir 120 mètres cubes à l'heure; pour augmenter le débit, on a établi une galerie au pied du coteau.

Le service avait été concédé, en 1856, à une Compagnie qui fit de mauvaises affaires; la ville racheta l'installation en 1862 pour 127 000 francs et elle vient de l'agrandir considérablement. Aux deux machines à balancier à pompes verticales élevant 104 mètres cubes à l'heure à 52 mètres de haut à l'altitude 95, on a adjoint deux machines Corliss avec pompes horizontales pouvant refouler 400 mètres à l'heure à 69 mètres de haut à la cote 112. On a adjoint aux anciennes conduites de 0^m,216 une conduite de 0^m,40 pour le refoulement et une conduite pareille pour la distribution.

Il y avait un réservoir de 1 425 mètres cubes avec 5 mètres de hauteur d'eau, couvert d'une toiture en tuiles avec charpente en bois, radier à la cote 90; on en crée un autre de 3 000 mètres, 4 mètres de profondeur, radier à la cote 108, couvert en voûtes d'arêtes.

Le sol de la ville est compris entre les cotes 70 et 89, et le réservoir se trouve à 2 kilomètres de distance.

Consommation moyenne : 1 140 mètres cubes par jour, 1 600 mètres en été.

Service public insuffisant, 19 bornes-fontaines.

Égouts. — Un réseau déverse ses eaux dans le rû de Changis qui tombe dans la Seine à 120 mètres en amont de l'usine élévatoire.

Provins. *Sources, turbines et pompes* (1875). — Provins comporte la ville Haute, 900 habitants, et la ville basse 6 600, séparées par 45 mètres d'altitude. Il y a donc deux services.

On recueillait autrefois des sources à flanc de coteau, à 20 mètres au-dessus de la ville ; on les a conservées et on a amélioré le captage par un barrage descendu jusqu'à l'argile sur 200 mètres de longueur ; mais la couche d'argile est très inclinée, et la provision d'eau s'épuise vite en temps de sécheresse ; débit, 50 à 150 mètres cubes par jour.

On a donc acquis les sources abondantes du Durteint, à 3 kilomètres en amont de la ville, avec un moulin qui a reçu une turbine et des pompes. La turbine Fontaine actionne deux pompes qui, en eaux moyennes, peuvent refouler 7 litres par seconde au réservoir de la ville basse par une conduite de 0^m,125, de 3 100 mètres de long, rachetant une hauteur de 11 mètres.

Pour la ville haute, la turbine fait marcher une seule pompe, qui refoule en eaux moyennes 3^{lit},30 à la seconde, à 50^m,75 de hauteur, dans une cuve en tôle de 75 mètres cubes logée dans une tour du moyen âge, appelée tour de César.

Les machines hydrauliques étant devenues insuffisantes, on leur a adjoint d'abord une locomobile, puis, en 1893, on a installé une machine compound avec pompes Girard, avec conduite de refoulement de 0^m,25 ; on peut élever aujourd'hui 25 à 32 litres par seconde.

Service public : une fontaine monumentale, 34 bornes, 35 bouches, importantes concessions gratuites.

En 18 ans, les recettes ont passé de 3 200 à 13 000 francs.

Nangis. *Sources, machines à vapeur, concession* (1885). — Les sources sont recueillies par un tuyau en grès vernissé de 0^m,20, de 540 mètres de long ; ce tuyau est souvent obstrué par des queues de cheval, et il fallu établir 16 regards pour faire passer les appareils de nettoyage. L'eau arrive à un bassin de 250 mètres cubes où la puisent deux machines dont une de secours : elle est refoulée, à une hauteur de 49^m,50, par une conduite en fonte de 0^m,15, de 9 600 mètres de long, dans un réservoir couvert de 400 mètres. La conduite de distribution a 0^m,22.

La concession est accordée pour cinquante ans et la ville reçoit

un service public assez restreint, 6 bornes et 25 bouches ; elle paye 6 000 francs de redevance annuelle et deviendra, comme toujours en pareil cas, propriétaire de l'installation à l'expiration de la concession.

La Compagnie avait d'abord établi les compteurs, puis elle y a renoncé. La première Compagnie a fait faillite et l'affaire, qui avait coûté 350 000 francs, a été rachetée pour 105 000 francs par une nouvelle Compagnie ; la dépense était beaucoup trop élevée pour desservir une population de 2 700 habitants.

Pendant neuf mois de l'année, la consommation est de 210 mètres cubes par jour, elle atteint 360 mètres cubes en été. Il se produit de fréquentes avaries dans la canalisation mal posée.

Le produit est très considérable, 7 francs par tête, mais il comprend la redevance de la ville, et le service public est insignifiant.

Brie-Comte-Robert. *Source, machines à vapeur* (1893). — En 1893, cette ville a concédé l'installation d'une distribution d'eau de source. L'eau marque 29° et contient 0^{sr},316 de résidu sec par litre ; elle est élevée par machines à vapeur. La concession est accordée pour 40 ans ; dès la première année, la recette s'est élevée à 15 000 francs pour 3 000 habitants ; mais le service public ne comprend que 7 bornes et 20 bouches. Le prix de vente est de 0^{fr},30 le mètre cube. La consommation varie de 400 à 600 mètres cubes et peut être augmentée.

Dammarié-les-Lys. *Source, adduction par la gravité* (1885). — Cette commune, de 600 habitants, a dépensé 11 500 francs pour amener à des bornes publiques une source supérieure ; le service se développe peu à peu.

Mormant. *Puits, machine à vapeur* (1890). — Une source est captée dans un puits de 5 mètres de profondeur et de 3 mètres de diamètre ; une machine à vapeur de 5 chevaux actionnant trois corps de pompe Letestu refoule l'eau dans une tour comprenant deux bacs d'une capacité totale de 160 mètres cubes.

L'installation a été faite par deux particuliers. On a élevé 140 mètres cubes en hiver, 330 mètres cubes en été, pour 1 100 habitants. La dépense est de 2 500 francs dont 1 200 francs de charbon. Les recettes sont de 2 800 francs et s'accroissent. Service public : 6 bornes, 2 lavoirs. Les abonnements se font à robinet libre avec faculté de revision tous les cinq ans.

SEINE-ET-OISE

Versailles. — Nous avons donné dans un chapitre précédent l'historique des Eaux de Versailles.

Communes alimentées par la Compagnie générale des Eaux. — La Compagnie générale des Eaux qui alimente, dans les conditions précédemment exposées, 62 communes du département de la Seine, alimente dans les mêmes conditions 71 communes du département de Seine-et-Oise. Ces communes reçoivent donc de l'eau de Seine, d'Oise ou de Marne, qui sera maintenant purifiée par le procédé Anderson. Cependant l'eau de l'Oise, prise à Méry, paraît moins suspecte que celle de Seine.

Chaque commune a avec la Compagnie un traité spécial, de sorte que les concessions sont plus ou moins longues et finissent à diverses époques. Généralement la Compagnie a consenti à poser gratuitement un certain nombre de bornes et de bouches, mais l'eau du service public est presque toujours payée par les communes suivant un tarif réduit ; les communes, à l'expiration de la concession, deviennent propriétaires des conduites posées sous le sol de leurs voies communales ; mais elles n'ont ni les machines, ni les prises d'eau, parfois même les conduites ne leur reviennent pas.

Généralement le service public est très restreint. Ainsi *Argenteuil*, concession de 95 ans à partir de 1859, ne possède que 16 bornes et 48 bouches d'arrosage pour 13 340 habitants et ne consomme guère que 820 mètres cubes par jour ; *Enghien*, concession de 66 ans, volume 115 mètres cubes par jour environ pour 2 670 habitants.

Les variations dans le prix des abonnements sont très considérables : nous en avons donné l'amplitude à propos des communes du département de la Seine. La vente se fait généralement au compteur ou à la jauge.

Il ne faut pas oublier qu'à l'époque où fut établie la distribution de la plupart des communes de la banlieue de Paris, l'eau de la Seine n'était pas souillée par le tout à l'égout, comme elle l'est aujourd'hui, et fournissait une eau relativement bonne, supérieure assurément à celle des puits dont on se sert encore beaucoup trop pour l'alimentation humaine.

Communes alimentées par la Compagnie des Eaux de la Banlieue. — Cette Compagnie alimente en eau de Seine six com-

munes du département de la Seine et la commune de Rueil (Seine-et-Oise) dans les conditions que nous avons précédemment exposées. Elle se préoccupe d'épurer l'eau qu'elle fournit.

Dans toutes les communes de la banlieue de Paris, la consommation diurne est excessivement variable. Ainsi, en 1894, pour sept communes, qui représentaient alors à peu près 100 000 habitants, la consommation d'hiver est tombée à 5 600 mètres par jour et celle d'été s'est élevée à 25 000 mètres cubes ; à certains jours, la consommation de 9 heures du matin à midi a été la moitié du total de la journée. On voit qu'il ne faudrait point s'appuyer, pour ces variations de la consommation dans la banlieue d'une grande ville, sur les résultats que nous avons précédemment relatés.

Nous n'avons pu avoir de renseignements actuels sur les résultats financiers obtenus par la Compagnie ; nous voyons, dans une brochure de M. G. Dumont, que les recettes en 1876 s'élevaient à 236 500 francs pour environ 45 000 habitants desservis, soit environ 5^{fr},20 par tête. Elles avaient doublé de 1869 à 1876.

Le prix moyen de vente du mètre cube à l'abonnement variait depuis 0^{fr},542 le mètre cube pour 250 litres par jour, à 0^{fr},274 pour 1 mètre par jour et à 0^{fr},152 pour 50 mètres cubes.

Le prix moyen de revient d'un mètre cube d'eau élevée avait été de 0^{fr},027 en 1876, non compris aucune part de frais généraux ni d'intérêt de capital ; avec ces éléments, le prix s'élevait à 0^{fr},112.

Corbeil. *Galerie filtrante sur le bord de la Seine, machine à vapeur* (1862-1893). — On a substitué, en 1893, à la prise d'eau directe en Seine, une galerie filtrante de 50 mètres de long, plein cintre de 2 mètres de diamètre sur 1^m,50 de piédroits, reposant sur maçonnerie sèche de 0^m,40 d'épaisseur ; le radier est à 5 mètres sous le sol et à 1 mètre au-dessous du niveau normal de la Seine, dans le gravier. La galerie est à 30 mètres du fleuve et parallèle ; elle donne une eau limpide, mais calcaire, car elle est alimentée en partie par la nappe descendant des coteaux. Machine à vapeur de 15 chevaux ; conduite d'aspiration de 0^m,30 ; refoulement de l'altitude 31 mètres à 55^m,80 ; deux réservoirs de 300 mètres cubes chacun.

Le prix de vente au compteur est de 0^{fr},15 le mètre cube, et l'abonnement minimum est de 18 francs. Les prix sont donc peu élevés. 15 bornes-fontaines publiques, bouches de lavage fonctionnant trois fois par semaine.

La galerie peut fournir 1 500 mètres cubes par jour, mais on ne pompe guère que 800 mètres cubes en été, 400 à 500 en hiver. Le ser-

vice ne comprend qu'un mécanicien et un agent payés 1 900 et 1 600 francs, et logés.

La commune industrielle d'*Essonnes*, voisine de Corbeil, est alimentée par la Compagnie Darblay, propriétaire des grandes papeteries, qui faisaient refouler autrefois de l'eau de Seine, et maintenant de l'eau de source, dans un réseau destiné d'abord à leurs ouvriers, puis étendu à toute la ville. Une convention spéciale est passée entre la ville et la maison Darblay, qui a limité ses engagements ; il y a quelques abonnements, non susceptibles d'extension à cause du faible cube disponible.

Étampes. *Eau de rivière, roue hydraulique* (1880). — Un moulin a été acheté sur la Louette et élève l'eau de cette rivière dans un réservoir supérieur. Débit, 600 mètres cubes par jour ; canalisation défectueuse comme profondeur.

Montlhéry. *Source, machine à vapeur, concession* (1887). — Une source, marquant 17°, est captée à 1 500 mètres des réservoirs et refoulée par une machine à vapeur de 10 chevaux avec double générateur, à l'aide d'un tuyau de 0^m,135, à une hauteur de 67^m,50, dans un réservoir de 500 mètres cubes à deux compartiments.

Le service des eaux a été concédé pour 50 ans en même temps que le gaz. Il n'y a pas de service public, sauf quelques bouches d'arrosage. Aussi le produit par tête est-il considérable ; il s'agit, du reste, d'un pays de villégiature. Le débit de la source à peu près constant est de 800 mètres cubes par jour, mais la consommation ne dépasse pas 360 mètres cubes.

La commune voisine de *Linas* a recueilli deux sources dans deux réservoirs de 15 mètres et de 50 mètres cubes ; elles sont à 1 kilomètre l'une de l'autre, et les deux réservoirs sont reliés par une conduite de distribution en fonte. Aux extrémités des conduites secondaires, on a placé de petits réservoirs en maçonnerie de quelques mètres cubes surmontés de pompes, la pression faisant défaut. Débit, 85 mètres cubes par jour pour 1 160 habitants. Dépense 19 500 francs. Quelques abonnés donnent 1 180 francs par an.

Orsay. *Puits, tuyaux en fonte.* — Une Compagnie a établi deux puits au nord et au sud de la ville, en des points dominants, et distribue par un réseau en fonte une eau qui a été déclarée acceptable à la limite. La dépense a été de 50 000 francs, on donne 100 mètres cubes pour 1 640 habitants ; le produit s'est élevé à 4 000 francs en 1895, et il y a 1 500 francs de frais. Pas de service public.

Villeneuve-Saint-Georges. *Eau de Seine, machines à vapeur, concession* (1880). — L'eau est prise en Seine par deux cloches à 10 mètres du bord reliées à un puisard sur la rive. Deux machines de 35 et 40 chevaux refoulent l'eau à l'altitude 116^m,60 par une conduite de 0^m,35 de diamètre, qui se bifurque à la sortie de Villeneuve en deux conduites de 0^m,18 et 0^m,20 se rendant au réservoir de 2 000 mètres cubes. Cette canalisation est trop faible. La concession est donnée pour 20 ans à la Compagnie des Eaux du canton de Boissy-Saint-Léger. Elle élève 3 000 mètres cubes par jour pour desservir 28 000 habitants ; la dépense annuelle est de 27 840 francs, et le produit d'environ 100 000 francs. La distribution est défectueuse et se fait à la jauge.

Arpajon. *Eau de rivière, machines à vapeur, Compagnie concessionnaire* (1883). — L'eau de la rivière d'Orge, reconnue bonne à l'analyse chimique, est élevée par une machine horizontale de 10 chevaux et des pompes Letestu à 40 mètres de hauteur ; on la fait passer d'abord à travers une colonne filtrante de gravier et de sable. La machine et les pompes ont coûté 16 450 francs. La concession a été accordée pour 75 ans à une Compagnie. Les recettes ont été : 9 600 francs en 1886, 12 500 en 1888, 14 000 en 1890, 15 350 en 1894. Réservoirs de 600 mètres cubes. On peut monter 950 mètres cubes par jour, mais on ne consomme que 200 mètres cubes par jour en moyenne pour 3 000 habitants ; en été, la consommation est double de celle d'hiver. Service public réduit à l'arrosage.

Saint-Germain-en-Laye. *Nappes souterraines, machines à vapeur* (1787-1837-1865-1876). — Depuis le siècle dernier on recueille, par 5 kilomètres d'aqueduc, les sources ou plutôt le produit des drainages de Retz qui se rendent au réservoir de Montaigu : on a dépensé à plusieurs reprises des sommes considérables pour la réfection ou pour l'amélioration du système. En 1832, on a établi au Pecq une première pompe à feu pour refouler l'eau de la nappe souterraine de la vallée de la Seine ; elle a été remplacée en 1865 et une seconde machine a été créée en 1876. Depuis l'origine la dépense faite s'élève presque à deux millions.

Le produit est assez élevé ; l'eau est vendue à la jauge ou au compteur à raison de 0^{fr},30 le mètre cube. Le produit était de 68 000 francs en 1880, 93 600 francs en 1890.

Compagnie des Eaux du Vésinet. *Nappe souterraine, machines à vapeur* (1858). — La Compagnie des Eaux du Vésinet dessert les communes du Pecq, du Vésinet, Chatou, Croissy et Montesson. Elle

puise l'eau dans la nappe souterraine de la presqu'île de Croissy, au moyen de trois puits forés dans la craie et la refoule dans trois réservoirs de 600 mètres cubes à 3 kilomètres de là.

La consommation varie de 5 000 mètres cubes par jour en hiver à 9 000 mètres en été pour une population variant de 12 000 à 25 000 âmes ; mais 1 500 mètres cubes sont consacrés aux lacs et rivières.

L'eau est donnée seulement à *la jauge*, cependant le compteur est admis pour deux communes.

Poissy. *Eaux de drainage* (1848). — On a recueilli les eaux calcaires arrêtées par la masse de pierre qu'on trouve sur le plateau dominant la ville ; on a établi des galeries avec tuyaux Doultou abouissant aux réservoirs ; pour augmenter le débit on a creusé dans la masse des rigoles destinées à recueillir tous les suintements. On obtient 230 mètres cubes par jour pour 6 432 habitants, soit 35 litres par tête ; on recueille 11 000 francs d'abonnements. L'eau est livrée uniquement à *la jauge*. Il est certain que la quantité est fort insuffisante.

Neauphle-le-Château. *Forage, machines à vapeur ; concession à une Compagnie d'Éclairage électrique* (1893). — La Compagnie est chargée en même temps de l'éclairage électrique et du service de l'eau. L'eau est prise dans un puits foré jusqu'à la craie, c'est-à-dire jusqu'à 83 mètres de profondeur ; l'eau a son niveau statique à 11 mètres sous le sol ; elle est refoulée à 102 mètres au-dessus du sol. Une machine Corliss sert aux deux services.

Asnières-sur-Oise. *Source, tuyaux en plomb* (1866). — Une source, reçue dans un réservoir de 15 mètres cubes, est distribuée par un tuyau en plomb de 0^m,07 ; 7 bornes-fontaines et abreuvoirs.

Avernes. *Sources, tuyaux Chameroy* (1876.) — Des sources, donnant 75 mètres cubes par jour, sont amenées par la gravité dans un réservoir de 2 mètres cubes ; une partie de l'aqueduc est à ciel ouvert ; la canalisation est en tuyaux Chameroy. Il n'y a qu'une conduite principale. Huit bornes-fontaines. Les abonnements donnent 590 francs et sont consentis à raison de 10 francs par an pour 150 litres par jour, soit environ 0^{fr},20 le mètre.

Baillet. *Source, tuyaux en plomb.* — Une source recueillie dans un réservoir est conduite à des bornes publiques par un tuyau en plomb. Dépense, 14 300 francs. Débit, 10 mètres cubes par jour pour 240 habitants.

Belloy. Source. — Cette commune, de 825 habitants, a dépensé 16 250 francs pour amener une source débitant 33 mètres cubes par jour à 4 bornes-fontaines et à un lavoir. Il y a pénurie d'eau pendant les sécheresses.

Isle-Adam, Parmain. Source, puits et machine à vapeur ; concession à la Compagnie du Gaz (1877). — Une source dessert une seule rue ; la Compagnie du Gaz dessert le reste ; elle prend l'eau dans un puits cuvelé de 28 mètres de profondeur et la refoule à 75 mètres par une machine de 12 chevaux, dans deux réservoirs situés sur les hauteurs de la rive droite de l'Oise. La concession est donnée pour 50 ans ; il n'y a que 4 bornes-fontaines et 22 bouches ; la ville paye 35 francs par an pour chaque mètre cube consommé par jour. L'installation revient à la ville en fin de concession, non compris l'usine et les réservoirs qui seront payés à dire d'expert. La vente de l'eau se fait uniquement au robinet de jauge ou au compteur à 0^{fr},33 le mètre cube. En cas d'incendie, le concessionnaire est tenu de laisser prendre toute l'eau disponible.

Limay. Sources, conduites en fonte (1876). — Trois sources supérieures sont amenées dans trois réservoirs et distribuées en ville. Canalisation en fonte. Les diamètres sont généralement trop faibles et n'amènent pas tout le débit disponible ; les conduites ne sont posées qu'à 0^m,70 de profondeur, et il en résulte de fréquents accidents en hiver. 14 bornes et 5 bouches. Tarif : 10 francs par an pour 100 litres par jour, au robinet de jauge.

Louvres. Puits de 50 mètres, machine à vapeur. — L'eau est refoulée par une machine de 6 chevaux dans deux réservoirs de 70 et 80 mètres cubes, d'où elle est distribuée par conduites en fonte. Le puits a coûté 2 400 francs et la machinerie 9 500. 5 bornes-fontaines ; les indigents reçoivent gratuitement une clef de borne ; un ménage peut recevoir une clef pour 10 francs par an.

Magny. Sources, moteur hydraulique (1892). — Une source, débitant régulièrement 5^{lit},3 à la seconde, marquant 26°, mais non incrustante, est refoulée dans deux réservoirs en maçonnerie de 120 et 150 mètres cubes établis en relief à 19 mètres et à 29 mètres au-dessus des pompes. Un barrage sur l'Aubette, de 2^m,08 de chute avec débit moyen de 140 litres, actionne une roue en fer ; force régulière. Canalisation en fonte avec joints au caoutchouc système Petit. La roue étant laissée à l'air libre se charge en hiver de glaçons qui l'arrêtent : il faudra la

recouvrir. Les conduites de refoulement de 0^m,125 sont en même temps distributrices ; parfois les coups de bélier se manifestent jusque chez les abonnés ; le réservoir d'air est sans doute insuffisant.

Les conduites ne sont qu'à 0^m,80 sous le sol ; en janvier 1895, l'eau partant à 10° de l'usine tombait à 1° au réservoir supérieur.

15 bornes-fontaines, 34 bouches. Le robinet libre est refusé aux propriétés de plus de 5 ares de cour et jardin, aux lavoirs, aux industries.

Maisons-Laffitte. *Eau de Seine, machines à vapeur* (1859). — On prend l'eau de Seine dans un grand décanteur en cailloux, qui a rendu de réels services ; les machines font mouvoir une pompe centrifuge pour élévation à 6 mètres et des pompes ordinaires élevant 100 mètres cubes à l'heure à 35 mètres.

Un forage de 0^m,80 de diamètre final a été descendu jusqu'aux sables du Soissonnais ; une pompe y a été placée à 20 mètres de profondeur, mais son débit à l'heure est tombé de 80 à 30 mètres cubes par ensablement.

La concession est accordée pour 50 ans à une Compagnie, qui donne gratuitement l'eau d'arrosage et de lavage, mais la commune doit payer un supplément.

La consommation est de 500 à 600 mètres, en hiver, 3 000 à 3 200 en été ; la population varie de 4 700 à 8 000 âmes.

L'abonnement se fait *à la ligne*, 500 litres par jour, ou au compteur. Une ligne se paye 40 francs par an ; le mètre cube se paye 0^{fr},22 au compteur.

Marcel. *Sources, moulin à vent.* — Une source, recueillie dans une citerne circulaire de 10 mètres cubes est refoulée à 500 mètres de distance dans un réservoir de 60 mètres cubes par un moulin Beaume. Dépense, 35 000 francs ; entretien, 400 francs dont 200 francs pour le garde champêtre, qui graisse le moulin. Débit, 5 760 litres par jour pour 310 habitants, soit 20 litres par tête. Service limité à 4 bornes-fontaines ; on en est satisfait.

Marines. *Sources, tuyaux en fonte* (1850). — Des sources recueillies par drainages sont amenées dans un réservoir cylindrique en *ciment armé*, dominant la ville de 20 mètres ; ce réservoir de 230 mètres cubes a coûté 12 000 francs en 1894. Débit 195 à 175 mètres cubes par jour pour 1 527 habitants. 20 bornes-fontaines, 15 bouches. 1 hectolitre par jour est vendu 6 francs par an, 0^{fr},17 le mètre cube ; ce prix est faible.

Marly-la-Ville. *Puits, machines à vapeur* (1884). — Un puits de 69^m,50 atteint la nappe du Soissonnais. Machine à vapeur de 10 chevaux, deux réservoirs de 75 mètres. 4 bornes ouvertes aux indigents de midi à une heure chaque jour ; une clef est donnée à un ménage pour 10 francs par an.

Mesnil-Aubry. *Puits, moulin à vent* (1894). — Un puits de 70 mètres pénètre dans la couche des sables du Soissonnais. Une éolienne monte l'eau dans un réservoir de 60 mètres. 6 bornes-fontaines. Dépense, 40 000 francs ; entretien, 500 francs. On compte sur 20 mètres cubes par jour pour 500 habitants, soit 40 litres par tête ; mais il est certain qu'on ne les aura pas en tout temps.

Meulan. *Source, machines à vapeur, concession* (1869). — L'eau a été concédée en même temps que le gaz. Deux machines de 15 chevaux refoulent l'eau d'une source dans un réservoir de 400 mètres cubes. Il n'y a que 3 bornes-fontaines, 46 bouches. La canalisation en tuyaux Chameroiy a exigé des réparations ; pour emmagasiner pendant la nuit le débit de la source ; on l'a entourée de fossés couverts en planches, disposition défectueuse. La Compagnie dessert environ 5 000 habitants et fait 25 000 francs de recette ; consommation 1 200 mètres cubes par jour. — La concession est de 50 ans.

Pontoise. *Eau de l'Oise, machine à vapeur* (1860). — Une source alimente directement quelques rues basses. Deux machines de 25 et 15 chevaux élèvent l'eau de l'Oise par une conduite de 0^m,25 à 55 mètres de hauteur, dans six réservoirs de 2 250 mètres de capacité totale. Deux sont des cuves en tôle portées par une tour en maçonnerie. Compris 400 mètres cubes d'eau de source, on consomme par jour 600 à 1 400 mètres cubes. Recettes : 5 800 francs en 1872, 13 500 francs en 1885, 21 150 francs en 1890, 25 400 francs en 1894. Service public : 20 bornes et 30 bouches ; à développer.

Puiseux. *Source* (1885). — Une source est amenée par tuyau en fonte de 0^m,04 à un réservoir de 70 mètres et alimente 4 bornes. Dépense 14 000 francs. En hiver, 50 mètres cubes pour 198 habitants ; en été, les bornes ne sont ouvertes que quelques heures par jour.

Saint-Ouen l'Aumône. *Eau de l'Oise, machine à vapeur, concession à la Compagnie du Gaz* (1877). — L'eau de l'Oise est élevée à une hauteur totale de 30 mètres par une machine de 8 chevaux, par une conduite en fonte de 0^m,10, de 900 mètres de long, dans un réservoir

en tôle de 200 mètres cubes. La concession, donnée pour 50 ans, a été prolongée de 10 ans en 1894, à condition que la Compagnie prendrait l'eau dans des puits. La commune reçoit 12 000 mètres cubes d'eau par an pour son service public moyennant 1880 francs ; le mètre cube en supplément est payé 0^r,21 ; elle alimente 4 fontaines et 12 bouches. La consommation est de 100 mètres par jour en hiver et 300 en été pour 1 791 habitants. On brûle environ 2 500 francs de charbon par an. Le produit a été : 5 800 francs en 1887, 7 200 francs en 1890, 7 700 francs en 1894.

Vémars. *Sources, conduite en fonte* (1871-1890). — Trois sources sont amenées par des tuyaux en fonte de 0^m,06 à un réservoir de 150 mètres cubes et distribuées par tuyaux de 0^m,10 à 0^m,06. Six bornes-fontaines.

Vétheuil. *Sources, tuyaux en fonte* (1887). — Des drains à pierres sèches captent les sources qui dominent le village de 40 mètres et les amènent dans un bassin de décantation à 3 compartiments d'où part une conduite en fonte de 0^m,10 aboutissant près du village à un réservoir de 90 mètres en déblai dominant le village de 15 mètres. Tuyaux à joints Petit, 9 bornes-fontaines. Concession au robinet de jauge.

Viarmes. *Sources, conduite en fonte.* — Trois sources, recueillies par des pierrées, se rendent dans un petit bassin de 3 mètres cubes d'où part une conduite en fonte de 0^m,11, 8 bornes, 4 lavoirs. Abonnements au robinet de jauge.

SEINE-INFÉRIEURE

Rouen. *Sources, adduction par gravité et par machine, service spécial d'eau de Seine, concession à la Compagnie générale des Eaux* (1882). — La Compagnie générale des Eaux est concessionnaire pour 60 ans du service des eaux de Rouen ; l'eau potable est fournie par diverses sources qui arrivent soit par gravité, soit par machines et qui desservent trois étages distincts. Il y a pour l'industrie un service spécial d'eau de Seine.

Service public, 235 bornes pour 112 352 habitants. Les abonnements se font au robinet libre, à la jauge ou au compteur.

D'après le compte rendu de la Compagnie à l'Assemblée générale de 1894, les recettes auraient été de 272 461 francs et les dépenses 61 366 ; les recettes seraient donc de 2^r,40 par tête.

Le Havre. Sources, adduction par conduite en fonte (1854-1884). — Le service avait été concédé à une Compagnie en 1854; on l'a racheté en 1884 moyennant le paiement d'une annuité de 375 000 francs pendant 71 ans. L'ancienne Compagnie avait dépensé 2 664 000 francs; la ville a porté la dépense à 7 152 000 francs.

Quatre sources sont captées à flanc de coteau, à 12 kilomètres du Havre, à l'altitude 39 mètres, le long de la ligne de Paris au Havre. Ces sources sont enfermées dans des bâtiments couverts et reliées entre elles par des aqueducs et des conduites; elles sont réunies dans deux chambres d'où partent deux conduites en fonte, l'une de 0^m,50, l'autre de 0^m,90. Sur 4^{km},500 jusqu'à Harfleur, elles sont presque juxtaposées, puis elles se séparent pour envelopper la ville du Havre; la première va vers le nord et alimente en passant le réservoir de Conti, 3 820 mètres cubes; la seconde va vers le sud au réservoir de la Rue de la Ferme, 11 000 mètres cubes. Ces deux conduites de distribution sont reliées entre elles par plusieurs transversales; la conduite de 0^m,50 a 9 kilomètres de long et l'autre 13^{km},900.

La pose de ces conduites a donné lieu à de grosses difficultés: il a fallu les porter sur pilotis dans certains terrains, et la confection des joints a été fort délicate dans certaines fouilles envahies par les eaux; elles traversent des cours d'eaux sur tabliers métalliques.

Au réservoir de Conti, deux machines à vapeur de 45 chevaux refoulent 1 000 à 1 200 mètres cubes d'eau par jour à 98 mètres d'altitude, dans trois réservoirs de 1 466 mètres cubes alimentant les quartiers hauts.

Le débit disponible est variable :

Années	Minimum	Maximum	Moyenne
1894	17 306 ^m 3 (11 juin)	20 178 ^m 3 (27 nov.)	18 642 ^m 3
1893	19 200 (29 juin)	21 000 (2 déc.)	20 091

Depuis 1884, les recettes ont passé de 343 500 francs à 485 000. Service public: 350 bornes, 685 bouches, 109 urinoirs; 3 350 abonnés.

La vente se fait au robinet de jauge, au compteur ou par attachement. Le prix de l'hectolitre par jour est fixé à 20 francs par an pour 1 hectolitre, à 14 francs pour 10 hectolitres, 12^{fr},50 pour 20, 8^{fr},50 pour 100, 5 francs pour 400 et au delà. L'approvisionnement des navires se paye d'après la jauge, de 8 à 30 francs pour les navires de 70 à 500 tonneaux de jauge, plus 5 francs par 100 tonneaux en plus.

Égouts. — Les collecteurs aboutissent à la mer; des vannes les ferment à la marée montante. On profite des marées de vive eau pour y faire de fortes chasses.

Yvetot. *Sources, turbine, machines à vapeur. concession (1884).*

— Les sources de la Durdent, marquant 21°, sont refoulées par une turbine de 12 chevaux et par une machine à vapeur de 35 dans un premier réservoir, d'où une conduite de 0^m,225 de 10 800 mètres les conduit à Yvetot à un réservoir de 625 mètres cubes. De ce réservoir une conduite de 0,120 de 8 kilomètres dessert la gare de Motteville. Le concessionnaire reçoit pendant 50 ans de la ville 8 000 francs par an pour 4 000 mètres cubes par jour ; il reçoit, en outre, 8 000 francs par an pour 125 mètres cubes par jour à la gare d'Yvetot et 10 000 francs pour 150 mètres cubes à la gare de Motteville.

Étretat. *Rivière souterraine, puits et machine à vapeur (1884).* — Il existait à l'amont d'Étretat une rivière à ciel ouvert que le cordon littoral de galets et les débris des falaises ont ensevelie, elle a pris un cours souterrain qui se manifeste dans les puits et sur la plage à marée basse. L'eau de cette rivière est nécessairement calcaire, puisqu'elle provient du terrain crétacé ; on la prend dans un puits de 6^m,40 de profondeur, et une machine de 10 chevaux la refoule à 70 mètres plus haut dans un réservoir de 300 mètres cubes. 2 000 habitants en hiver, 4 000 en été. Service public : 4 bornes, 23 bouches.

Fécamp. *Sources, aqueduc, roues hydrauliques, béliet.* — Une source arrive par galerie et aqueduc à ciel ouvert dans un réservoir à 35 mètres d'altitude ; une autre est refoulée à 50 mètres par deux roues hydrauliques faisant 14 chevaux de force ; une troisième est refoulée à 80 mètres par un béliet hydraulique. Le service était concédé et a été racheté par la ville moyennant une rente de 20 000 francs à payer pendant 75 ans, et elle a dépensé, en outre, 170 000 francs.

Saint-Valery-en-Caux. *Puits, machine à vapeur.* — Le service est assuré par une Compagnie, qui vend l'eau 0^{fr},50 le mètre. Service public : 8 bornes et 15 bouches.

Harfleur. *Sources, tuyaux en grès.* — Les sources sont captées, à côté de celles de Saint-Laurent qui alimentent Le Havre, dans une chambre placée sous le chemin de fer, à laquelle on accède par une galerie voûtée ; la distribution se fait par deux tuyaux de grès de 0^m,30 enveloppés d'une maçonnerie de béton de ciment.

20 bornes-fontaines à écoulement continu. Huit concessions particulières rapportent 5 400 francs par an.

Montivillers. *Sources.* — Deux sources, amenées dans des réservoirs, alimentent 17 bornes-fontaines à écoulement continu.

Graville. *Sources, machine à vapeur* (1890). — Une machine compound de 20 chevaux, à deux générateurs, refoule l'eau réunie dans un puisard à une hauteur de 95 mètres, par une conduite de 0^m,175, de 2 000 mètres, dans un réservoir de 850 mètres cubes. La pression dans le réseau de distribution varie de 10 à 90 mètres ; on a trouvé plus économique d'élever tout le volume d'eau à une hauteur excessive que de créer un service inférieur. En pareil cas, le problème demande à être étudié de très près. Le service est concédé pour 50 ans ; la ville a contribué aux travaux pour 170 000 francs, et le tout lui reviendra à l'expiration de la concession ; elle reçoit 13 bornes-fontaines et 30 bouches gratuites et participe pour un quart dans l'excédent des recettes brutes au-dessus de 10 000 francs et pour moitié au-dessus de 15 000. Les deux tiers des abonnements sont faits au compteur ou au robinet de jauge, ils augmentent de 25 à 30 par an. Les tuyaux sont en fonte à joints Lavril.

Sanvic. *Service greffé sur le précédent* (1893). — Le concessionnaire de Graville vend l'eau à Sanvic à raison de 0^{fr},12 le mètre cube, et donne une redevance de 0^{fr},03 à Graville. Le mesurage est fait par des compteurs à l'entrée de 2 réservoirs en tôle de 180 mètres cubes montés sur tours en maçonnerie. La dépense a été de 147 000 francs. On ne peut savoir ce que donnera le service, qui est destiné à desservir une population de 7 500 habitants.

Sotteville, Petit-Quevilly, Saint-Étienne-du-Rouvray. *Eau de Seine, Compagnie générale des Eaux* (1880). — L'alimentation de ces trois communes est concédée à la Compagnie générale des Eaux et constitue un service annexe de celui de Rouen ; concession de 99 ans. Il y a 25 bornes à Sotteville, 16 au Petit-Quevilly, 3 à Saint-Étienne. Les machines et les réservoirs sont établis à Sotteville et l'eau est prise dans la Seine en amont de Rouen. La population desservie est de 31 742 habitants.

Elbœuf et Caudebec-les-Elbœuf. *Eau de source, machine à vapeur* (1881), *concession de 75 ans à la Compagnie générale des Eaux.* — Il n'y a que 19 bornes-fontaines à Elbœuf, 21 404 habitants ; Caudebec a 10 434 habitants.

D'après le compte rendu de 1894, le produit des annexes de Rouen se serait élevé à 108 674 francs, et la dépense à 36 543 francs.

Lillebonne. *Source, conduite en fonte.* — Une source dominante est captée dans un bassin avec vanne de jaugeage et envoyée dans une

conduite de 0^m,462, de 2 004 mètres, qui alimente un château d'eau aérien de 3^m,80 sur 3^m,70 en plan, de 3^m,30 de haut, renfermant 0^m,75 de hauteur d'eau. Service public, 30 fontaines. Recettes, 500 francs en 1884, 2 000 en 1890, 2 200 en 1894. La source produit un volume très supérieur à celui qui est livré à la ville ; le trop-plein s'en va à la rivière.

Caudebec-en-Caux. *Source, moteurs hydrauliques* (1893). — La source marque 20° et contient 0^{gr},275 de résidu solide. Une roue hydraulique, actionnée par un étang qu'alimentent des sources, débit 50 à 70 litres avec 1^m,85 de chute, fait mouvoir une pompe horizontale, qui élève l'eau de 26^m,75 dans un réservoir en maçonnerie de 150 mètres cubes. Les conduites en fonte à joints Lavril ne sont posées qu'à 0^m,90 de profondeur. 22 bornes-fontaines. Débit variant de 170 à 200 mètres cubes par jour pour 2 300 habitants. Pas de service privé. Dépense, 59 000 francs ; entretien, 200.

Fauville. *Puits, moulin à vent, machine à vapeur* (1885). — Un puits de 33 mètres de profondeur, de 1^m,30 de diamètre, avec réservoir de 30 mètres cubes à la base, recueille les suintements de la marne, qui donnent environ 1 mètre cube à l'heure. A l'origine, un moulin à vent envoyait l'eau dans un réservoir de 120 mètres cubes, cuve en tôle sur maçonnerie : mais le moulin fut emporté par un ouragan et remplacé par une machine à vapeur tubulaire de 3 chevaux, qu'on met en marche 3 fois par semaine. 1 800 mètres de conduites en fonte, 8 bornes, 8 bouches ne fonctionnant qu'une heure par semaine. Dépense, 35 000 francs. Frais d'exploitation, 150 francs de mécanicien et 300 francs de charbon par an. Débit, 20 à 25 mètres cubes par jour pour 1 200 habitants.

Bolbec. *Source, machine à vapeur, service à trois étages, concession* (1887). — Une source, donnant 10 litres à la seconde, marquant 25°, alimente directement le quartier bas par gravité à l'aide d'un réservoir de 640 mètres cubes au-dessus duquel est l'usine. Une machine Dubuc, avec double générateur, élève l'eau dans un réservoir en maçonnerie de 1 680 mètres cubes pour le service moyen. Avec une seule pompe elle alimente aussi le réservoir de 250 mètres cubes, du service supérieur. Les canalisations des trois services sont reliées entre elles. La ville avait exploité directement le service jusqu'en 1887, puis elle l'a concédé pour 50 ans. La ville a dépensé 200 000 francs. Mais elle reçoit gratis l'eau des services publics, 30 bornes et 65 bouches, 190 mètres cubes en été et 287 mètres en hiver.

Buchy. *Source, moteur hydraulique.* — Une canalisation de 8 500 mètres amène une source à un ancien moulin qui la refoule dans un réservoir de 80 mètres. Consommation : 80 mètres cubes par jour pour 822 habitants. Dépense, 91 570 francs, 200 francs par an au meunier qui fait marcher la pompe. Recette annuelle, 750 francs.

Londinières. *Source, conduite en fonte.* — Une source, contenant 0^{sr},260 de calcaire par litre, est amenée par un tuyau de 0,215 de 652 mètres de long et alimente 13 bornes. Dépense, 23 500 francs. Débit 194 à 375 mètres cubes pour 1117 habitants. Personne n'a demandé d'abonnements.

Neufchâtel. *Source, machine hydraulique (1885).* — Une source, fraîche et limpide, renfermant 0^{sr},304 de résidu solide par litre, est refoulée à 28^m,89 de hauteur, plus 9^m,94 de perte de charge, soit une hauteur manométrique de 38^m,83. Débit variant de 7 à 10 litres. Travail maximum à fournir : 390 kilogrammètres. Ce travail est fourni par une turbine utilisant une chute de 2^m,85 avec débit minimum de 300 litres, ce qui donne 675 kilogrammètres. Il y a un mécanicien payé 1 600 francs; 24 bornes-fontaines. De 1885 à 1896, le produit a passé de 500 à 2 000 francs.

Eu, Le Tréport, Mers. *Puits artésien, machines à gaz pauvre, concession (1895).* — La distribution d'eau de ces trois villes vient d'être installée par M. E. Coignet, qui en a reçu la concession pour cinquante ans. L'eau provient d'un puits artésien de 173 mètres de profondeur, foré dans la vallée près de la gare d'Eu; elle s'élevait dans un pylone à 20 mètres de hauteur, et cette contre-pression sur les pompes diminuait la hauteur de refoulement, mais on a reconnu, ce qui était à prévoir, que l'élévation dans le pylone nuisait au débit; on devait aspirer et les eaux venaient chargées de sable; on a démonté le pylone et on reçoit l'eau dans des réservoirs de décantation. La température de l'eau est de 12°; l'analyse complète a été favorable, l'eau est relativement chargée de chlorure de sodium, mais peu calcaire.

La force motrice est fournie par un moteur Niel à gaz pauvre de 50 chevaux, alimenté par un gazogène; on compte sur une consommation de charbon réduite à 700 ou 800 grammes par cheval-heure. Il actionne deux pompes à double effet, pouvant élever chacune 90 mètres cubes à l'heure; le refoulement s'opère par une conduite de 0^m,25 de 1 900 mètres de long, à l'altitude 75 mètres, dans deux réservoirs cylindriques en ciment armé de 16 mètres de diamètre et de 5 mètres

de profondeur, capacité de chacun 1 000 mètres cubes. Ces réservoirs sont situés à Eu sur le mont Vitot.

La conduite de distribution en part avec un diamètre de 0^m,30 qui va décroissant progressivement sur un parcours de 24 kilomètres; nous nous demandons si ce diamètre sera suffisant, eu égard aux variations de la consommation et à l'éloignement des réservoirs.

Le canalisation est en fonte avec joints ordinaires.

Le débit du puits artésien a été reconnu de 2 961 mètres cubes par jour. Il a coûté 45 000 francs, les réservoirs 37 000, le matériel moteur 41 000, les bâtiments 39 000. Un indicateur électrique donne à l'usine le niveau de l'eau dans les réservoirs.

Voici les principales conditions du traité passé entre le concessionnaire et le syndicat des trois communes :

Le concessionnaire doit assurer un débit de 2 200 mètres cubes par jour, représentant 100 litres par tête, lorsque la population des trois communes atteindra 22 000 âmes; elle n'est actuellement que de 10 000 en temps ordinaire et 20 000 en été; la puissance des pompes, l'emplacement et la dimension des réservoirs, la nature et la résistance des conduites, les canalisations, sont spécifiés. Le concessionnaire fournit gratis les bornes-fontaines, mais il reçoit pour chacune d'elles une redevance annuelle de 175 francs; le nombre minimum des bornes est fixé à 29, mais il peut être augmenté à volonté. Les bouches d'arrosage, devant débiter 50 litres à la minute, sont posées et fournies gratis, mais le concessionnaire reçoit une redevance annuelle de 70 francs pour chacune; le nombre minimum en est fixé à 126. Il y a 6 bouches d'incendie sans redevance; l'eau des urinoirs est gratuite, 24 mètres cubes par jour.

Le tarif de vente est 0^r,40 le mètre cube pour les 300 premiers mètres par an, puis décroît jusqu'à 0^r,20. Le concessionnaire a le monopole des branchements, robinets et compteurs.

Lorsque la recette dépasse 12 000 francs, les trois communes reçoivent 1 0/0 de la recette jusqu'à 14 000 francs, 2 0/0 jusqu'à 16, 3 0/0 jusqu'à 18, 4 0/0 jusqu'à 20, et 5 0/0 pour les recettes supérieures à 20 000 francs. Cette base est bien faible. Au bout de cinquante ans, les trois villes deviennent propriétaires de toutes les installations, sauf les compteurs.

Le fonctionnement est tout récent: depuis que l'aspiration directe a été supprimée et remplacée par une aspiration dans les bassins de décantation, le sable ne gêne plus les machines. — Le moteur à gaz pauvre, après quelques modifications, fonctionne bien et consomme 800 et 900 grammes de charbon par cheval-heure. — Le puits débite à la cote actuelle 1 800 mètres cubes par 24 heures, et l'eau s'épanche

d'elle même dans les bassins de décantation ; les pompes peuvent refouler 180 mètres cubes à l'heure ; aussi pour recueillir l'eau du puits pendant la nuit on a installé, près de l'usine, un bassin de réserve de 600 mètres cubes et les pompes ne fonctionnent que le jour.

Les redevances des villes donnent 15 500 francs ; il y avait déjà 300 abonnés en 1896, donnant 25 000 fr., et on arrivera rapidement à 500. L'affaire doit devenir avantageuse pour la Compagnie.

SÈVRES (DEUX-)

Niort. *Source, turbines, machines à vapeur.* — Niort est alimenté par une source abondante située à peu de distance de la ville au confluent du Lambon et de la Sèvre. L'eau, calcaire, est conduite par un aqueduc au puisard des pompes. L'usine comprend : 2 machines de Watt à balancier, de 17 chevaux, avec cinq générateurs ; 2 turbines mues l'une par la source, l'autre par la Sèvre avec machine à vapeur de secours de 25 chevaux. L'eau est refoulée à 40 mètres d'altitude dans un réservoir de distribution. En 1893, on a changé les générateurs, installé une nouvelle machine et de nouvelles pompes tout en conservant les anciennes, et on a établi une conduite de refoulement de plus grand diamètre.

On peut fournir par tête et par jour 280 litres en temps ordinaire, 445 litres en été, à une population de 25 000 âmes, très disséminée ; il y a de nombreux jardins publics et privés. 130 bornes-fontaines, 2 800 concessions particulières, service très large pour le présent et pour l'avenir.

Parthenay. *Eau du Thouet, machines élévatoires (1894), eau réservée à l'arrosage.* — L'eau est prise à la rivière du Thouet ; elle est souillée et fort suspecte, les filtres prévus au projet primitif n'ont pas été exécutés ; aussi le comité central d'hygiène a-t-il exigé que les eaux fussent consacrées uniquement au lavage. Deux machines à vapeur montent l'eau à 54 mètres dans des cuves en tôle sur tours en maçonnerie. On veut assurer 150 litres par tête à 7 300 habitants ; mais il est clair que l'eau deviendra utilisable pour l'alimentation seulement lorsqu'on aura installé un système de filtrage et d'épuration.

Saint-Maixent. *Sources, machines à vapeur* (1890). — Une source abondante et bonne est refoulée par deux machines de 6 chevaux chacune, élevant chacune 50 mètres cubes à l'heure. Le service fonctionne bien, mais est insuffisant comme réservoir et comme canalisation. 32 bornes-fontaines.

SOMME

Amiens. *Sources, machines hydrauliques et à vapeur* (1750). — Le service a été progressivement étendu. L'eau de source arrive par une conduite en fonte dans les bâches de l'usine installée dans la partie basse de la ville, près de la Somme. Il y a pour le refoulement des moteurs hydrauliques et des machines à vapeur. Grand réservoir de 10 000 mètres cubes, petit de 1 000 mètres cubes pour les hauts quartiers. Le refoulement se fait par trois conduites différentes qui sont en même temps distributrices; la principale a 0^m,50. Il n'y a pas de conduite de ceinture et les conduites en cul-de-sac sont exposées à la gelée. Service public très multiplié, qui nuit aux abonnements. L'alimentation est devenue insuffisante et des projets d'agrandissement sont à l'étude. La consommation est de 5 000 mètres cubes par jour en hiver, 6 500 mètres cubes en été pour 78 000 habitants. Le produit s'accroît lentement: 106 000 francs en 1887 et 1890, 127 000 francs en 1894.

Montdidier. *Source, machine à vapeur* (1887), *concession*. — Une source, débitant 16^{lit},5 à la seconde marquant 26° et renfermant 0^{gr},287 de résidu sec par litre, température constante de 12° à 13°, est captée dans un bassin voûté dont les piédroits d'amont sont maçonnés à pierres sèches. De ce bassin part une conduite en fonte de 0^m,175, de 850 mètres de long, qui aboutit au puisard des pompes avec une chute de 1^m,75. Le moteur à vapeur est une machine Dubuc. Le refoulement se fait à 52^m,08, 5 litres à la seconde. La conduite a 0^m,15 sur 1 065 mètres et 0,175 sur 242 mètres; elle est en même temps distributrice. Le service est concédé pour cinquante ans.

Albert. *Forage, machine hydraulique* (1895). — Cette ville vient de pratiquer un forage de 40 mètres de profondeur au diamètre 0^m,15; deux pompes commandées par une roue hydraulique peuvent fournir 72 mètres cubes à l'heure. Aux essais on a obtenu 2 000 mètres cubes par jour, ce qui sera parfait pour 6 200 habitants. Le prix de vente est fixé à 0^{fr},30 le mètre.

Villers Bretonneux. *Galerie filtrante le long de la Somme, turbine* (1883). — L'eau est prise dans une galerie de 10 mètres de long, 2 mètres de large, située à 5 mètres de la Somme navigable. Une turbine actionne deux pompes qui peuvent refouler 800 mètres cubes par jour dans une conduite de 0^m,15 et de 6 300 mètres passant sous la Somme et aboutissant à trois réservoirs communicants. La consommation est au minimum de 300 mètres cubes pour 5 000 habitants.

L'abonnement au robinet libre pour un ménage est fixé à 12 francs.

Saint-Valéry-sur-Somme. *Source, moteur à gaz, concession à la Compagnie du Gaz* (1880). — Une source, marquant 22°, est refoulée par un moteur à gaz à 40 mètres de hauteur dans un réservoir de 400 mètres cubes. La conduite de refoulement est distributrice. Il y a 12 bornes-fontaines. L'eau est vendue 0^{fr},50 le mètre aux particuliers et 0^{fr},30 à la ville; la consommation est faible et ne paraît pas dépasser 50 litres par tête. Recette, 8 000 francs pour 3 600 habitants.

VENDÉE

Sables-d'Olonne. *Galerie filtrante et drainante, machines à vapeur* (1877). — L'eau qui tombe sur un bassin de 1 100 hectares est retenue par un barrage transversal à la vallée et recueillie par une galerie filtrante de 100 mètres de long établie dans le thalweg. Le bassin est argileux et schisteux dans la partie haute, mais recouvert de sable dans la partie inférieure. Le barrage est un mur de 800 mètres, descendu à travers le sable jusqu'au rocher imperméable; la réserve d'eau, qu'il emmagasine à l'amont dans le sable, est de 150 000 mètres cubes, soit la consommation de la ville pour quatre mois. Le barrage présente un déversoir. La galerie filtrante aboutit à un bassin de 600 mètres cubes. L'eau recueillie, fraîche et limpide, est élevée à 16 mètres de hauteur par une machine à vapeur de 13 chevaux, dans un réservoir de 1 200 mètres cubes.

En sécheresse prolongée, la réserve devient parfois insuffisante; on se préoccupe de l'augmenter.

Le volume en temps normal est de 1 000 à 1 200 mètres cubes, mais il tombe à 600 mètres en août et septembre pendant les années de grande sécheresse.

Il y a 56 bornes ouvertes deux fois par jour pendant une ou deux heures.

Le nombre des abonnements a passé de 326 en 1880, à 658 en 1890,

à 738 en 1894 ; les recettes ont été de 14 000 francs en 1880, 17 400 en 1885, 20 000 en 1890, 20 400 en 1894.

Fontenay-le-Comte. *Nappe souterraine, galerie de captation* (1872). — Les eaux sont prises dans la nappe souterraine formée par l'accumulation sur les bancs supérieurs du lias des eaux pluviales infiltrées dans le calcaire jurassique. Cette nappe alimentait déjà 2 fontaines, jaillissant dans la ville au pied même du coteau. L'eau marque 30° et renferme 0^{gr},489 de résidu sec par litre ; elle est donc un peu trop chargée.

Une galerie maçonnée, parallèle à la vallée de la Vendée, amène les eaux de la nappe au bassin des pompes ; pour 14 000 francs par an, un usinier se charge de refouler aux réservoirs 160 mètres cubes par jour. Malheureusement les eaux ne sont pas à l'abri de suspicion, car à l'amont de la galerie on trouve des quartiers bâtis dont les déjections peuvent pénétrer dans le sol ; il eût fallu créer là un jardin public. Il est possible aussi qu'en été l'eau du bief de la Vendée pénètre jusqu'à la galerie, et cette eau est contaminée par les lavoirs et par l'industrie.

60 bornes-fontaines et 50 bouches.

Recettes : 3 500 francs en 1871, 6 700 en 1875, 8 900 en 1880, 8 300 en 1885, 10 800 en 1890, 12 900 en 1894.

Égouts. — La ville possède, sur chaque rive de la Vendée, un égout collecteur voûté qui se déverse dans la rivière en aval.

VIENNE

Poitiers. *Source, aqueduc en ciment, turbine et machine à vapeur de secours* (1890). — Depuis 1840, Poitiers usait de la source de la Celle sortant du calcaire jurassique au niveau du Clain, avec un débit de 18 litres à la seconde. M. Forestier, inspecteur général des Ponts et Chaussées, a exécuté, de 1886 à 1890, l'importante distribution nouvelle.

Il a amené l'eau de la source de Fleury, utilisée par les Romains, émissaire d'une nappe puissante existant à la base du calcaire jurassique sur le lias supérieur, et la captation a été faite par galerie.

Cette eau est bien aérée, pauvre en matières organiques ; résidu sec 0^{gr},489, dont 0,160 de calcaire ; elle n'est jamais trouble, quoique tenant un peu d'argile en suspension lors des pluies.

Aqueduc de 21 914 mètres, avec pente de 0^m,10 par kilomètre, sauf aux deux siphons, débit de 100 litres par seconde ; pente totale, 3^m,08

dont 0^m,89 pour la perte de charge des deux siphons. Il y a 12 886 mètres en tranchée, 800 mètres en siphon, 7 830 mètres en souterrain, 398 mètres en aqueducs sur arcades. En tranchée, la section intérieure ovoïde a 1 mètre de haut sur 0^m,80 de large avec épaisseur de béton de 0^m,12; en souterrain, galerie de 1^m,75 de haut et de 1^m,50 de large avec cuvette en béton égale à la moitié inférieure de la section précédente; des surépaisseurs ont été données à l'aqueduc en siphon; les aqueducs sur arcades en béton de ciment portent des tuyaux en fonte de 0^m,80 (*fig.* 5 à 7, pl. 25).

Regards nombreux. Il y a onze souterrains, dont un atteint 2 100 mètres.

On compte cinq aqueducs avec arches de 6 ou 10 mètres d'ouverture. Des tuyaux en fonte amènent dans l'aqueduc deux autres sources que celles d'origine.

On amène donc 100 litres par seconde, mais la ville se suffit, et au delà, en temps ordinaire, avec 60 litres; on a dirigé les 40 litres restant sur une turbine située à 39 mètres au-dessous du bassin d'arrivée, ou château d'eau. Cette turbine, marchant à 380 tours par minute, élève en dix-huit heures à la hauteur moyenne de 15^m,90 un volume d'eau de 5 184 mètres cubes correspondant à 60 litres par seconde. La turbine actionne quatre pompes Girard; l'usine comporte une machine à vapeur de secours de 30 chevaux, type Windsor à balancier.

Le château d'eau, où aboutit l'aqueduc, est à quatre étages et occupe 1 000 mètres en place: l'étage inférieur comprend des citernes de 2 200 mètres cubes de capacité, qui reçoivent le débit de l'aqueduc et qui sont inférieures à l'aqueduc d'amenée, elles alimentent la turbine; l'étage supérieur est le bassin de distribution de 1 500 mètres cubes qui est à une hauteur suffisante pour que l'eau monte au premier étage de toutes les maisons du plateau; ce bassin reçoit les eaux refoulées par la turbine. Il est aérien et établi sur voûtes en plein cintre en arc de cloître, de 3^m,20 d'ouverture; il est couvert par des voûtes surbaissées en béton avec revêtement en terre. Entre le bassin et les citernes il y a deux étages: l'un sert de promenoir au niveau de la rue, l'autre sert à visiter le dessous des voûtes du bassin et comprend les appareils de manœuvre.

On compte à la périphérie de la ville, à l'extrémité des conduites de distribution, neuf bassins d'équilibre et de régularisation, cuves en tôle, de chacune 150 mètres, montées au même niveau que le château d'eau.

Réseau de distribution maillé: conduite maîtresse, en forme de 8, de 0^m,30 à 0^m,45 de diamètre, faisant le tour du plateau. La canalisation est en fonte avec joints à cordon et emboîtement.

Service public : 151 bornes, 245 bouches.

Consommation :

Années	Moyenne	Minima	Maxima
1893	3 149 ^{m3} par jour	1 515 ^{m3} (6 janvier)	5 457 ^{m3} (3 juillet)
1894	2 770 —	1 832 (7 janvier)	4 677 (29 juin)

Il est distribué dans l'année 1 100 000 mètres cubes, et la dépense d'exploitation s'élève à 40 000 francs, ce qui met le prix de revient du mètre cube à 0^{fr},036, non compris la dépense de premier établissement.

Le produit a passé de 30 000 francs en 1888 à 50 000 en 1895; 1 650 concessions avec augmentation de 100 par an.

On remarquera que les 40 litres d'eau consommés par la turbine constituent une grande réserve pour l'avenir.

Malgré le développement du nombre des concessions, les recettes ne se sont pas accrues dans la même proportion; cela tient à la multiplication des compteurs qui répriment le gaspillage.

La ville de Poitiers a dépensé 3 650 000 francs pour son service d'eau; c'est un gros sacrifice pour une population de 38 000 habitants.

Si on en compte l'intérêt à 4 0/0, on voit que, pour une consommation annuelle de 1 100 000 mètres cubes, cet intérêt représente 0^{fr},13 par mètre cube et porte le prix du mètre cube à 0^{fr},166. Les recettes sont trop faibles et devraient se développer.

Châtellerault. *Eau de la Vienne, béliers, machines à vapeur, concession.* — La ville a été autorisée à prendre dans la Vienne 300 litres par seconde à l'amont de la Manufacture d'armes. L'eau est bonne, mais nécessairement sujette à contamination et suspecte à ce point de vue; elle se trouble en temps de crue, mais se clarifie rapidement. Le débit fixé est donné par un orifice circulaire au-dessus duquel on maintient la hauteur constante.

Il y a une chute et l'eau actionne des béliers qui élèvent 14 litres à la seconde; les aqueducs et chambres d'eau sont garnis de toiles métalliques pour arrêter les matières solides. Deux pompes, débitant l'une 16, l'autre 36 litres à la seconde, sont mues par une machine Corliss. Réservoir de 2 000 mètres. Canalisation en fonte avec joints Lavril. La ville vient d'abandonner l'exploitation et d'en donner la concession pour 50 ans à une Compagnie. Consommation : 1 400 à 2 000 mètres cubes, suivant la saison, pour 15 000 âmes. Recettes, 26 000 francs.

Montmorillon. *Eau de la Vienne, machines à vapeur, concession à la Compagnie du Gaz.*

Lussac-les-Châteaux. — *Source, moulin à vent* (1880). — L'eau d'une bonne source est élevée à l'aide d'une éolienne Bollée, n° 3, de 5^m,50 de diamètre, établie sur un rocher près de la source, et accessible à tous les vents. Réservoir de 200 mètres cubes. Par un vent assez fort et régulier, la machine élève 30 mètres cubes par jour ; la consommation d'été est de 20 mètres cubes pour 800 habitants. En 1893, on a manqué d'eau ; il faudrait un réservoir plus grand encore ; c'est le défaut des moteurs à vent que nous avons déjà signalé ; 7 bornes-fontaines. Il doit falloir souvent régler les prises d'eau.

Couhé. *Source, roue hydraulique et machine à vapeur* (1894). — La commune a acheté une usine hydraulique 27 000 francs et a dépensé, en outre, 51 400. 13 bornes-fontaines.

VIENNE (HAUTE-)

Limoges. *Sources, aqueduc en ciment* (1874). — Les sources sont captées au moyen de pierrées à une profondeur de 3 à 4 mètres dans un sol granitique ; l'eau marque 3° à 6°. Elle est amenée par un aqueduc ovoïde de 1^m40 sur 0^m,80, en béton de ciment, jusqu'à trois réservoirs de 12 000 mètres cubes. Les tuyaux en ciment trop maigre se décomposent ; les réservoirs sont insuffisants ; les petites canalisations en fonte de 0^m,081 et 0^m,06 sont trop faibles, et on les remplace progressivement par des tuyaux de 0,10 et 0,15. Le débit tombe de 8 000 mètres à 4 000 mètres par jour en été, ce qui est insuffisant pour 62 000 habitants. Un réseau d'égout est en construction.

Les pierrées de captation ne sont pas descendues assez profondément dans l'arène et donnent parfois des eaux louches indiquant une provenance superficielle. A Rennes, également, l'eau est parfois un peu louche parce qu'on n'a pas pris, pour remblayer au-dessus des aqueducs, les précautions observées à Quimper.

Magnac-Laval. *Sources, galerie de captation et de drainage, tuyaux en ciment* (1882-1894). — Des drainages en feuille de fougère recueillent les sources d'une prairie qui arrivent, par une conduite en ciment de 0^m,10 de 942 mètres, à un bassin maçonné de 42 mètres cubes. Débit, 25 mètres cubes par jour. Pas de pression ; les prairies n'appartenant pas à la ville reçoivent des engrais et des déjections capables de corrompre l'eau. On a, en 1894, capté les eaux d'un plateau boisé, de 1 kilomètre carré environ, à 36 mètres au-dessus de la ville ;

c'est un plateau granitique argileux; le tuyau d'aménée est en fonte de 0^m,10; on a ainsi recueilli 18 mètres cubes par jour d'une bonne eau qui est toute donnée aux casernes. La distribution est donc tout à fait insuffisante.

Rochechouart. *Sources, conduites en ciment* (1885). — Un aqueduc amène les sources dans un réservoir de 106 mètres d'où part une conduite en ciment de 0^m,10. Le volume disponible est trop faible, ce qui empêche les abonnements de se développer. Le débit tombe à 72 mètres cubes pour 2 000 habitants.

Saint-Junien. *Source, conduite en ciment* (1891). — Une source est amenée à un réservoir par une conduite en ciment de 4 620 mètres de long. Service public : 42 bornes, 2 layoirs, 4 grandes fontaines, 10 urinoirs et 28 bouches. Des conduites de distribution se branchent sur la conduite d'aménée avant son arrivée au réservoir, ce qui est un tort, si cette conduite est encore en ciment dans cette partie.

Saint-Mathieu. *Drainages, conduites en ciment* (1894). — L'eau recueillie sur un terrain de granite décomposé, tuf sableux, est amenée par une conduite en ciment à un petit bassin qui l'envoie à 3 fontaines à écoulement continu. Dépense, 5 500 francs. Débit, 45 à 80 mètres par jour pour 400 habitants.

Saint-Yrieix. *Sources, conduites en ciment* (1884). — Deux sources dominantes sont recueillies et amenées par tuyaux en ciment à deux réservoirs distincts. Canalisation en fonte; les deux réseaux peuvent être mis en communication.

Saint-Léonard. *Sources, conduite en ciment* (1882). — Plusieurs sources, captées sur 1^{ha},50, sont amenées par une conduite en ciment de 0^m,18, d'environ 3 500 mètres de long, à un réservoir de distribution. Canalisation en fonte; 7 bornes-fontaines.

Aixe. *Sources, conduite en ciment* (1890). — Coupée en deux par la Vienne, la ville reçoit deux sources amenées à un réservoir de 200 mètres cubes par des conduites en ciment de 0^m,120, qui recueillent en route de petites sources secondaires. Canalisation en fonte. Dépense 67 000 francs. Débit, 70 à 100 mètres cubes par jour pour 2 200 habitants, ce qui est bien faible en été; l'eau doit être réservée à l'alimentation.

Bellac. *Sources et drainage, conduites en ciment* (1864). — Une conduite en ciment de 0^m,12 et de 1 000 mètres de long amène l'eau à un petit bassin de distribution d'où partent deux conduites, l'une en ciment pour le service haut, l'autre en terre cuite pour le service bas. La première est de médiocre qualité et ne résiste pas, fuites fréquentes ; l'autre s'est usée rapidement. Le tout est à remplacer par de la fonte. Il y a, en outre, deux autres adductions et trois pompes publiques.

Le Dorat. *Sources, conduites en ciment.* — Le captage des eaux d'un plateau a été fait au moyen de puits reliés par 300 mètres de galeries. Une conduite libre en ciment de 0^m,12, de 1 500 mètres de long, amène l'eau à un regard au sommet de la ville, d'où part une conduite maîtresse, également en ciment, de 0^m,11 et de 2 400 mètres de long, qui traverse toute la ville sous une charge atteignant 34 mètres et se termine à un réservoir d'extrémité de 250 mètres cubes. L'eau est pure, marque 5° et ne renferme que 0^{gr},100 de résidu sec. 9 bornes et une fontaine monumentale.

VOSGES

Fontaines publiques et privées. *Tuyaux en bois.* — Beaucoup de communes sont dotées de fontaines publiques, généralement à écoulement continu ; dans la montagne, la plupart des maisons isolées ont aussi leur fontaine continue. Les conduites sont d'ordinaire *en bois de sapin*, tuyaux de 2 à 3 mètres de long, assemblés par une petite frette en tôle, posée à mi-épaisseur du bois, diamètre 0^m,06. Posées dans un sol humide, ces conduites durent douze à vingt ans et ne coûtent guère que 0^{fr},75 à 1 franc le mètre courant. Les partages d'eau, s'il y a lieu, s'effectuent par bassines, ou petits réservoirs creusés dans un tronc de sapin ; un trou amène l'eau et il y a autant de tuyaux de départ que de maisons à desservir. L'eau provient des ruisseaux à pente rapide, qui ont souvent servi à l'arrosage des prairies et ont reçu les déjections des animaux.

L'écoulement continu est seul pratiqué ; il est, du reste, nécessaire en hiver à cause des gelées. Il est passé dans les habitudes et explique le gaspillage d'eau relevé dans les villes.

Épinal. *Sources, service haut et service bas, conduite en ciment* (1888). — Les sources émergent en forêt de massifs de grès vosgien ;

très pures, elles ne marquent que 1°,25. Il y a un service haut et un service bas ; le service haut a deux réservoirs de 1 600 et 60 mètres cubes. Le grand est alimenté par une conduite en ciment de 0^m,50 de diamètre, de 6 500 mètres de long ; elle est très *défectueuse* à cause des racines de végétaux qui l'obstruent après s'être introduites par des joints insuffisamment fermés ; on doit la remplacer par une conduite en fonte.

Pour réprimer le gaspillage, on ne délivre plus que des concessions au compteur. Les recettes ont passé de 24 000 francs en 1890 à 31 000 en 1894. Canalisation en fonte, 150 bornes et 200 bouches.

Remiremont. *Sources, conduites en ciment* (1860). — Sept sources sont amenées par des conduites en ciment à un réservoir de 1 000 mètres cubes. Le réseau de distribution, partie en fonte, partie en grès vernissé, est défectueux comme dimension et comme qualité ; il est à refaire ; les tuyaux en poterie, posés à 0^m,70 de profondeur, ne peuvent résister, dans un climat où il gèle à 1 mètre.

A l'origine, la concession à robinet libre était fixée à 12 francs ; on l'a élevée successivement jusqu'à 35 francs. Le robinet libre donne lieu à des abus énormes : souvent on manque d'eau dès huit heures du matin dans la ville haute, parce que tous les robinets de la ville basse sont ouverts. Service public : 5 grandes fontaines et 30 bornes.

Neufchâteau. *Sources, machine à vapeur* (1856 à 1885). — Longtemps on se contenta d'une source arrivant par la gravité dans un réservoir ; mais le débit tombait parfois à 3 mètres cubes par heure, quantité insuffisante. On eut recours à une autre source élevée par machine à vapeur. Après avoir exploité directement de 1856 à 1885, la ville a concédé le nouveau service pour cinquante ans à la Compagnie du Gaz. Service public : 27 bornes, 33 bouches.

L'eau est vendue 0^{fr},40 le mètre cube.

Rambervillers. *Sources, conduites en grès.* — Deux sources, situées à 3 et 6 kilomètres de la ville, sont amenées par des tuyaux de grès dans des réservoirs de distribution. Canalisation en fonte. Service public : 14 fontaines à jet continu et 15 bornes.

Saint-Dié. *Sources, conduites en grès.* — Des sources, provenant des forêts du grès vosgien, sont amenées en ville par des conduites en grès de diamètre variable ; pas de réservoir ; écoulement continu ; perte considérable pendant la nuit. Il y a 18 kilomètres de tuyaux. Un particulier a, de son côté, amené en ville, avec des tuyaux en grès,

une source dont il dispose et qu'il vend à perpétuité moyennant une somme de 300 francs pour 1 litre à la minute, plus les frais de prise.

En somme, les 16 000 habitants de Saint-Dié disposent de 130 litres par tête. La ville fait payer 30 francs par an pour 1 litre à la minute, soit 0^{fr},06 le mètre cube.

Darney. *Sources, tuyaux en grès* (1889). — Des sources du grès bigarré sont amenées et distribuées par des tuyaux en grès, remplacés par des tuyaux en fonte dans les parties basses. Les regards et puisards sont disposés de manière à recueillir les sables que l'eau entraîne, malgré sa pureté. La conduite principale en grès a 0^m,12 de diamètre et 3 725 mètres de long. Robinets de décharge et ventouses. Les tuyaux n'ont pas été placés à une profondeur suffisante; il faut, en hiver, maintenir un écoulement continu aux extrémités. Service public : 3 jets continus avec lavoir, 14 bornes.

Bains. *Sources, tuyaux en fonte* (1840). — Des sources sortant du grès bigarré, recueillies dans une prairie, se troublant un peu par les pluies, sont distribuées par une canalisation en fonte. 15 jets continus et 3 bornes. Débit : 279 mètres cubes par jour pour 1 600 habitants ou 175 litres par tête.

YONNE

Vézelay. *Source, moteur hydraulique* (1895). — On a demandé 3^{lit},7 par seconde à une source achetée par la ville; l'eau est amenée à un puisard par une conduite en fonte de 0^m,10, de 294 mètres de long, avec chute de 3^m,81. Du puisard elle est reprise par des pompes Girard qu'actionne un moulin acquis par la ville, moulin dont la puissance est supérieure à ce qui est nécessaire. La conduite de refoulement de 0^m,10, de 2 130 mètres de long, logée à 1^m,10 sous le sol, est en fonte et rachète une hauteur de 156 mètres. Pour le débit de 3^{lit},7, il en résulte une perte de charge de 7^m,55.

Un réservoir en maçonnerie, fondé sur le rocher au point culminant de la ville, est enveloppé de terre, capacité 240 mètres cubes. Canalisation en fonte. Service public; 16 bornes et 2 lavoirs.

Une pompe marchant 12 heures suffit à donner 160 mètres cubes par jour.

Vermenton. *Source, moteur hydraulique* (1894). — Une source est captée près de la rivière la Cure; elle est pure et ne renferme que

0^{sr},150 de résidu sec. La source est captée dans un bâtiment couvert et amenée par une conduite de 0^m,18 de 130 mètres de long au puisard des pompes qui la refoulent, par une conduite de 0^m,18, de 340 mètres de long, à une hauteur de 26^m,91 dans un réservoir en maçonnerie de 1 441 mètres cubes. La force motrice est fournie par la roue d'un moulin qui doit fournir 8 chevaux à la ville avant de travailler lui-même ; ce traité pourra donner lieu à des difficultés. Il y a 28 bornes espacées de 80 à 110 mètres, ce qui a nui aux demandes de concession.

Saint-Bris. *Source, conduite d'amenée en fonte (1885).* — La source est captée dans une chambre en maçonnerie percée de barbacanes, entourée de graviers et recouverte d'argile ; elle débite plus que ne prend la conduite d'amenée de 0^m,08 de 4 300 mètres de long. Réservoir en déblai de 412 mètres cubes. La conduite de décharge, qui était en poterie, a dû être remplacée. La canalisation a été calculée en supposant toutes les bornes ouvertes et débitant 1 litre à la seconde. Elle est en fonte. 15 bornes, 3 fontaines continues, 2 abreuvoirs et 1 lavoir.

Courson. *Source amenée par gravité, source élevée par béliers.* — Une source à 4 kilomètres de la ville est captée par une galerie transversale ; elle a donné lieu à des incidents et à des procès, car le propriétaire supérieur l'a plusieurs fois coupée pour se faire acheter son terrain, ce qui montre une fois de plus quelle prudence il faut apporter dans l'acquisition et la captation des sources. D'un puisard avec tuyau de trop-plein part la conduite d'amenée en fonte de 0^m,06 et de 4 kilomètres de long débouchant, après une chute de 35 mètres, dans un réservoir de 645 mètres cubes. La conduite peut amener 1^{lit},20 à la seconde, mais le débit de la source est très variable et peut tomber à 0^{lit},30, ce qui ne fait que 24 litres par habitant et par jour ; l'emmagasinement du réservoir peut porter le volume à 40 litres.

On avait, pour élever une seconde source basse naissant près de la ville, installé deux béliers Durozoi sur la conduite qui amène cette source à un lavoir. Ces béliers ont été abandonnés. Ils n'ont jamais fonctionné régulièrement, peut-être à cause de la variabilité du débit qui dérange le réglage d'appareils assez délicats. La simplicité robuste est à rechercher dans ces engins qui doivent être presque abandonnés à eux-mêmes ; le bon fonctionnement est subordonné au jeu parfait des soupapes et la moindre brindille suffit à le déranger ; il est donc nécessaire que l'appareil soit facilement visitable et ses soupapes facilement remplaçables. Il est bon aussi que la conduite de batterie

soit en fonte épaisse afin de ne point se dilater, comme le fait une conduite en fer, sous le coup de bélier, et de réduire le mouvement de recul produit par le retrait de la conduite sur elle-même.

Brienon. *Source, conduite d'amenée en fonte* (1895). — Une source, captée dans une galerie de 16 mètres, voûtée et couverte, est amenée par une conduite en fonte de 0^m,175, de 6 560 mètres de long, de 11^m,79 de chute, dans un réservoir de 750 mètres cubes. Dépense 145 500 francs. Débit constant, 648 mètres cubes par jour pour 2 500 habitants, ou 250 litres par tête. Travaux à peine terminés.

Mailly-le-Château. *Eau de l'Yonne, moteur hydraulique* (1870). — L'installation faite en 1870 est devenue très défectueuse ; mais, depuis 25 ans, les habitants boivent l'eau de l'Yonne qui leur est distribuée et on n'a signalé aucun cas de fièvre typhoïde ; 600 habitants desservis.

Courgis. *Puits, moulin à vent* (1892). — Un puits recueille une source ; une éolienne Bollée n° 3, placée à 20 mètres au-dessus du sol, actionne 3 pompes à piston plongeur ; refoulement à 50 mètres de haut par un tuyau de 0^m,08 de 720 mètres de long. Réservoir de 400 mètres cubes pouvant suffire pour dix jours. 13 bornes-fontaines.

Depuis 1892, la population n'a jamais été rationnée. On peut évaluer la consommation à 30 mètres cubes par jour environ pour 600 habitants. L'éolienne et les pompes ont coûté 6 155 francs, le réservoir 11 350.

CHAPITRE XX

ÉGOUTS. — ASSAINISSEMENT MUNICIPAL

SOMMAIRE. — Rôle des égouts. — Appréciation des quantités d'eau à évacuer. — Calcul, dimensions et pente des égouts. — De la vitesse d'écoulement à admettre. — Diamètre des égouts circulaires avec écoulement à pleine section. — Forme et calcul des égouts à écoulement libre. — Du choix à faire entre la section circulaire et la section ovoïde. — Conditions de construction et matériaux des égouts maçonnés. — Egouts en béton de ciment. — Tuyaux en grès vernissé. — Procédés pour arrêter les exhalaisons des égouts et des conduites d'eaux vannes ou ménagères. — Entraînement des matières et nettoyage par les chasses. — Réservoir de chasse à tirage. — Water-closets; vidange; quantité de déjections par habitant; procédés de vidange. — Installation du tout à l'égout dans une maison. — Curage des égouts et des siphons de Paris; wagons et bateaux-vannes; siphons de l'Alma, de l'île Saint-Louis, de l'île de la Cité. — Système général des égouts de Paris. — Egouts des communes suburbaines de Paris. — Observations sur les égouts de diverses villes: Besançon, Francfort-sur-le-Mein, Varsovie, Berlin. — Egouts du système séparé; dispositions diverses; système Waring, chasses automatiques; système Shone, air comprimé; système Berlier, air raréfié; conclusion sur les systèmes séparés. — Epuration des eaux d'égout; épuration chimique: chaux, sulfate d'alumine, sulfate ferrique; procédé Howatson; épuration électrique. — Epuration agricole; application à Paris: infection de la Seine; mécanisme et importance de l'épuration par le sol, influence des irrigations à l'eau d'égout sur la nappe souterraine; craintes au sujet de la conservation des microbes; résultats économiques agricoles; exécution du programme établi par les lois de 1889 et de 1894; loi du 4 avril 1889; loi du 10 juillet 1894 pour le tout à l'égout dans la ville de Paris; règlements du 8 août 1894, et de mai 1896. — Enlèvement et destruction des ordures ménagères; organisation du service dans les villes anglaises; incinération des ordures.

Rôle des égouts. — Les égouts sont la contre-partie des distributions d'eau; si l'hygiène publique et privée exige qu'une eau pure et limpide soit mise à la portée de tous et vienne à chaque instant diluer ou dissoudre les éléments d'infection, elle veut aussi que tous les produits impurs, solides et liquides, soient rapidement entraînés loin des villes.

La canalisation d'eau pure et les égouts constituent un système complet de circulation dont le fonctionnement ininterrompu est aussi nécessaire à la santé des villes que la circulation du sang est nécessaire à la vie des animaux. Cette comparaison banale est l'expression de la vérité: les conduites d'eau sont les artères et les égouts sont les veines des villes; ce sont les maillons d'une même chaîne complétée

par les fleuves, la mer et l'atmosphère qui ramènent au lieu de sa naissance l'eau régénérée après un voyage éternellement repris.

Les rivières ont été de tout temps le réceptacle et le véhicule des détritits de la vie ; ce sont donc les égouts naturels de toute agglomération humaine et c'est un rôle qui leur est encore presque partout réservé ; il faut cependant qu'on arrive à ne plus leur faire jouer ce rôle ou du moins à le modifier de telle sorte que les rivières reçoivent à l'avenir seulement des liquides inoffensifs. Il faut, pour y parvenir, interposer entre les villes et les rivières des égouts artificiels et des appareils de purification qui retiennent ou transforment toutes les matières nocives.

Quand on considère la puissance d'entraînement de l'eau, on en vient à poser en principe que les égouts doivent servir à évacuer tout ce qui est susceptible d'être entraîné par les eaux.

L'application absolue de ce principe, bien qu'elle ait tendance à se développer, n'est encore réalisée que dans quelques pays ; en France, elle est limitée à un très petit nombre de centres, et il est probable qu'elle se généralisera lentement ; car *le tout à l'égout* correspond à une dépense énorme, hors de proportion parfois avec les avantages qu'il représente. Il paraît devoir et avec raison devenir la règle dans les vieilles villes resserrées, à population dense, à maisons de plusieurs étages, dépourvues de cours et de jardins ; mais il ne semble guère nécessaire dans les villes à faible densité, où les maisons sont nombreuses, écartées, et comptent chacune un petit nombre d'habitants ; dans ces villes, on n'aura longtemps à se préoccuper que de l'évacuation des eaux pluviales et ménagères : une canalisation souterraine continue pour l'entraînement des matières fécales, dépense mise à part, y offrirait sans doute autant d'inconvénients que d'avantages, à moins qu'on ne dispose d'une quantité d'eau surabondante.

Les égouts ont à Paris un rôle secondaire, qui a pris une grande importance : ce sont des voies de communication souterraines. Elles reçoivent les conduites d'eau, les canalisations d'air comprimé, les fils électriques, etc. ; on avait même songé autrefois à les utiliser pour le transport par wagons de toutes les immondices que de lourds tombeaux viennent chaque matin recueillir dans nos rues. Paris est une exception sous ce rapport : à l'Étranger, les égouts conservent d'ordinaire leur rôle unique d'appareils d'évacuation.

Ils peuvent recevoir : 1° les eaux pluviales ; 2° les eaux ménagères ou industrielles qu'on appelle d'ordinaire les eaux usées ; 3° les eaux vannes ou matières fécales. Presque partout, sauf dans les grandes villes, les eaux ménagères aboutissent à la voie publique et gagnent par les caniveaux un réseau d'égouts plus ou moins serré ; l'arrosage

et le lavage périodique des caniveaux, plus ou moins fréquent et plus ou moins abondant suivant la saison et suivant la quantité d'eau disponible, suffit à entraîner les matières nocives et à empêcher un développement dangereux des mauvaises odeurs et de la fermentation. L'écoulement des eaux ménagères par les caniveaux offre cependant un inconvénient grave en hiver : les caniveaux ne tardent pas à se garnir d'une épaisse couche de glace qui arrête l'écoulement, surtout au croisement des rues ; le mal s'aggrave par lui-même et souvent il faut venir à grands frais briser et enlever la glace. Dans les villes exposées à de longues gelées, il serait donc désirable de conduire les eaux ménagères aux égouts principaux par des égouts circulaires de petit diamètre, logés à une profondeur suffisante pour n'être point accessibles à la gelée ; pour obtenir ce résultat d'une manière certaine, il faudrait dans les climats froids ne point laisser les conduites en communication avec l'air extérieur et y maintenir un courant d'eau continu ; c'est une obligation devant laquelle on recule presque toujours et l'on préfère se résigner aux inconvénients de l'écoulement à ciel ouvert, inconvénient qu'atténue l'adoption de caniveaux à joints cimentés, soumis à un lavage quotidien.

APPRÉCIATION DES QUANTITÉS D'EAU A ÉVACUER

Si on peut arriver à déterminer le maximum du débit des eaux ménagères et des eaux-vannes, cette détermination est difficile en ce qui touche les eaux pluviales. On serait, du reste, entraîné à donner aux ouvrages des dimensions excessives, si on voulait les mettre en état de livrer passage aux pluies d'orage exceptionnelles ; il faut se résigner à laisser écouler par la voie publique une partie de ces pluies ; il n'y a pas à cela grand inconvénient, et elles peuvent gagner directement les ruisseaux et les rivières, car elles sont relativement pures, la voie publique ayant été lavée dans la première période de l'orage.

Afin de parer aux pluies extraordinaires et imprévues, il faut avoir soin, signalons-le en passant, de ménager dans les collecteurs, qui n'ont pas une capacité d'écoulement indéfinie, des déversoirs communiquant avec le thalweg ou avec la rivière voisine ; il serait dangereux parfois de voir les égouts fonctionner comme conduite forcée.

Nous avons indiqué au chapitre ix les hauteurs de la pluie qui tombe chaque année en divers points de la France, et nous avons indiqué également la valeur des grandes pluies d'orage. Dans le bassin de la Seine, les pluies d'orage exceptionnelles peuvent atteindre 1 millimètre

de hauteur par minute, 1 litre par mètre carré, ce qui fait 166 litres par hectare et par seconde. Mais cette eau ne se rend pas à l'égout ni en totalité, ni immédiatement.

Quelle est la proportion retenue ? Elle dépend de la surface relative des cours et des jardins. Il y a là matière à une appréciation délicate, que pourra diriger l'observation suivante :

A Paris, Belgrand ne comptait que 125 litres au maximum par hectare et par seconde et admettait que le tiers seulement de ce volume, soit 42 litres, se rendait à l'égout immédiatement. C'est sur cette base qu'il a calculé les dimensions des égouts, et il ne semble pas que la règle adoptée ait conduit à de mauvais résultats dans la pratique. D'après M. Mayer, on ne baserait le calcul des égouts, à Berlin, que sur un débit moitié du précédent, soit 20 litres par seconde et par hectare.

Le débit des eaux ménagères et des eaux d'arrosage et de lavage de la voie publique est beaucoup moindre. On peut le prendre égal à la valeur de la consommation d'eau par tête, sauf à tenir compte des consommations exceptionnelles, dues notamment à l'industrie, qui peuvent exister en certains points.

On connaîtra donc le débit spécial qui nous occupe, en multipliant la consommation journalière par le nombre d'habitants à l'hectare et en divisant par 43 200 secondes, ce qui suppose que le débit total est réparti sur douze heures. Dans une ville comme Paris, où la densité de la population est de 300 habitants par hectare, on trouve, avec une consommation de 150 litres par tête, un débit de 1 litre par seconde et par hectare.

De ces calculs il faut seulement retenir que, si l'on doit mélanger les eaux pluviales et les eaux usées, il suffit de calculer les dimensions des égouts en tenant compte seulement des premières, et encore ce calcul ne doit-il s'appliquer qu'aux égouts du dernier ordre, car il conduirait pour les collecteurs à des dimensions excessives, rendues inutiles par les déversoirs de trop-plein et par la capacité même des égouts qui emmagasinent une grande partie des pluies d'orage.

Si, au contraire, on laisse les eaux pluviales s'écouler à la surface du sol ou dans des égouts spéciaux et qu'on veuille avoir une canalisation pour les eaux-vannes et ménagères, il est facile de déterminer le débit maximum et de calculer le diamètre et la pente des tuyaux nécessaires pour assurer ce débit.

Il faut se garder de forcer le diamètre, car une section trop grande a des inconvénients sérieux ; elle favorise les dépôts et exige des chasses plus puissantes.

CALCUL, DIMENSION ET PENTE DES ÉGOUTS

Nous avons exposé, dans les chapitres III et IV les règles et les formules relatives au calcul des canaux et des conduites; le lecteur voudra bien s'y reporter

De la vitesse à admettre. — Un débit est le produit d'une section moyenne par la vitesse d'écoulement; on peut donc obtenir un débit donné avec une grande section et une petite vitesse ou avec une petite section et une grande vitesse.

En principe, il convient sous tous les rapports de réaliser la plus grande vitesse possible; la disposition des lieux ne permet pas, en général, d'atteindre des vitesses excessives.

Il faut, autant que possible, éviter les variations accusées de la vitesse, car toute vitesse qui se brise détermine un remous et des dépôts; l'existence d'une chambre spéciale aux points où la vitesse change est utile.

On admet en Angleterre que la vitesse moyenne ne doit pas descendre au-dessous de 2 pieds, 0^m,62 à la seconde.

D'après les ingénieurs du service municipal de Paris, il faut une vitesse d'au moins 0^m,30 pour entraîner la vase fluente et de 1 mètre pour entraîner le sable; cette dernière vitesse n'est pas toujours comode à réaliser et, lorsque la pente fait défaut, on doit recourir à des chasses pour entraîner les dépôts de sable.

Pente des égouts. — La vitesse en conditions normales est intimement liée à la pente, et, dans beaucoup de villes, la création des pentes suffisantes soulève de grosses difficultés.

D'après M. Bechmann, la pente des égouts ordinaires à Paris ne doit pas tomber au-dessous de 0,005, si l'on veut que la vase soit entraînée constamment. Les sables s'arrêtent pour des pentes inférieures à 0,01 et ne sont complètement entraînés que pour une pente de 0,015. Ce sont là des déclivités d'une réalisation parfois difficile dans les villes plates. Quant au *maximum de pente*, il faut le limiter à 0,03; les égoutiers sont exposés à des chutes avec des pentes supérieures.

Pour les collecteurs, la pente est beaucoup moindre; la vitesse s'obtient par la hauteur d'eau plus grande. On peut descendre à 0,0015 et à 0,001; les collecteurs principaux de Paris n'ont même que 0^m,30 de chute par kilomètre, mais il faut procéder à des curages périodiques par des procédés spéciaux.

Diamètre des égouts circulaires avec écoulement à pleine section. — Notre table, dressée pour les tuyaux depuis longtemps en service et insérée à la fin de ce volume, donne immédiatement le débit des tuyaux circulaires coulant à pleine section.

Exemple : un tuyau de 0^m,30 avec pente de 0,01 débite 82 litres à la seconde. Dans une ville de densité comparable à celle de Paris, il suffit à recevoir les eaux pluviales les plus fortes d'un îlot de 2 hectares complètement recouvert de constructions; dans une ville moyenne, il arrivera fréquemment que la surface négligeable, celle des jardins par exemple, est au moins égale à celle des édifices, et la conduite de 0^m,30 pourra suffire alors à un îlot de 4 hectares. Avec une pente de 0^m,02 par mètre, cette conduite suffira pour une surface de 3 ou 6 hectares.

Forme et calcul des égouts à écoulement libre. — Nous avons étudié avec détails au chapitre III l'écoulement dans les canaux de diverses sections.

C'est le canal demi-circulaire qui est le plus avantageux, lorsque la ligne d'eau coïncide avec le diamètre, et le rayon moyen de la section est alors égal à la moitié du rayon du cercle ou à la moitié de la profondeur d'eau sur l'axe; cette règle est applicable également à la section trapèze la plus avantageuse. Nous avons calculé la forme de la section pour laquelle la vitesse est constante, quelle que soit la hauteur d'eau; cette forme, qui est celle d'une chaînette, ne convient pas aux égouts.

La forme rationnelle des égouts est l'ovoïde avec le bout étroit dans la partie basse, le rayon de cette partie basse étant celui qui convient au débit ordinaire supposé condensé dans le demi-cercle inférieur.

Si l'on se reporte à la section à quatre centres de la figure 41, on trouve à l'Étranger les deux principaux types ci-après :

RAYON SUPÉRIEUR	RAYON INTERMÉDIAIRE	RAYON DE BASE	SECTION TOTALE	PÉRIMÈTRE	HAUTEUR DE L'OUVRAGE
R	2,66 R	0,25 R	4,594 R ²	7,93 R	3 R
R	3 R	0,50 R	4,46 R ²	7,84 R	3 R

Le second type est plus usité, parce qu'avec sa cuvette plus large il permet aux ouvriers une circulation plus facile.

Du choix à faire entre la section circulaire et la section ovoïde. — La section circulaire est indiquée pour tous les cas où la hauteur calculée pour la section ovoïde de même débit ne permet pas

le passage d'un ouvrier à l'intérieur de l'ouvrage. Si l'on admettait cette règle d'une manière absolue, on trouverait que le premier type ovoïde précédent, à section égale, devrait être substitué au tuyau de 1^m,50 ou de 1^m,20 de diamètre, suivant que l'on veut réserver dans l'ovoïde une hauteur libre de 1^m,80 ou seulement de 1^m,50. En réalité, il ne faut pas aller à des diamètres aussi grands, pour les égouts circulaires, car ils exigent des tranchées plus larges et, par conséquent, plus coûteuses. Mais nous estimons qu'on peut facilement aller pour les égouts circulaires au diamètre de 0^m,80 ou de 1 mètre; les tuyaux en béton de ciment s'y prêtent facilement.

Du moment où l'on adopte la forme ovoïde, il convient, à notre avis, de lui conserver l'avantage qu'elle présente de permettre la circulation intérieure: sa hauteur minima doit donc être fixée à 1^m,50 et mieux encore à 1^m,80, s'il s'agit d'une section d'une certaine longueur.

A Paris, où la circulation dans les égouts est non pas accidentelle, mais continue, le vrai type ovoïde est le type à lit mineur, créé par Durand Claye. La cuvette, destinée à recevoir les eaux ordinaires, à 0^m,40 d'ouverture et 0^m,25 de profondeur, et la hauteur totale sous clef ne tombe pas au-dessous de 2 mètres (*fig. 5*, pl. 42).

Il est clair que ces types de luxe ne sont pas applicables dans une ville ordinaire.

CONDITIONS DE CONSTRUCTION ET MATÉRIAUX DES ÉGOUTS MAÇONNÉS

Les égouts doivent être imperméables; les infiltrations qui s'échappent des anciens égouts mal construits imprègnent le sol avoisinant, quelquefois même se répandent dans les caves; elles sont dangereuses pour la salubrité publique, surtout dans les villes à sous-sol humide, à nappe d'eau peu profonde.

La maçonnerie des égouts doit être peu altérable aux acides: la meulière et les matériaux siliceux seront donc bien préférables aux matériaux calcaires.

Les parois intérieures doivent être dures pour ne pas être détériorées par les corps flottants; il faut qu'elles soient lisses pour ne point faire obstacle à l'écoulement des eaux.

Le profil intérieur ne doit présenter *aucun angle rentrant*; tous les raccords doivent se faire par des courbes à grand rayon. De la sorte, la section ne présente aucun espace nuisible dans lequel l'eau reste stagnante et favorable aux dépôts. Certaines matières adhèrent facilement aux angles et avec le temps deviennent difficiles à enlever.

Ces inconvénients, spéciaux aux vieux égouts à section rectangulaire, n'existent plus dans les formes modernes.

Égouts en béton de ciment. — Le béton de ciment à prise rapide, mis en œuvre par des ouvriers *expérimentés*, a rendu de grands services.

Les sociétés de ciment de Grenoble emploient, pour les égouts et les conduites sous pression à grande section, un béton composé de 400 kilos de ciment, un demi-mètre cube de sable et trois quarts de mètre cube de gravier par mètre cube. Les principaux avantages que présente ce mode d'établissement sont d'abord une rapidité de construction bien plus grande qu'avec la maçonnerie ordinaire, puis une grande régularité dans la forme et une faible épaisseur des parois, enfin le durcissement rapide et le fait qu'on est dispensé de recouvrir les parois d'un enduit spécial pour les rendre lisses. Un point à noter qui a bien aussi son importance, c'est qu'avec l'emploi du béton de ciment la reprise de la circulation au-dessus des égouts ou conduites est possible bien plus tôt qu'avec la maçonnerie.

Mais il ne faut pas oublier que, pour la bonne réussite de ces travaux, le ciment doit être de prise très prompte et d'excellente qualité; il faut encore qu'il soit employé méthodiquement et avec soin. Autrement il pourrait se produire dans la masse des affaissements ou des déchirements.

Le béton de portland peut à la rigueur être employé, mais il va sans dire qu'il doit rester plusieurs jours sur moule ou sur cintre et qu'il ne peut être recouvert de terre ou recevoir des charges qu'après une prise parfaite.

La figure 2, planche, 42 représente un égout circulaire, établi sur une longueur de 730 mètres, et la figure 1 un égout ovoïde, établi sur 5 950 mètres, pour la ville de Saint-Chamond; on peut reprocher à ce dernier type l'angle, obtus il est vrai, qui raccorde le radier avec les piédroits; nous préférierions un solin de grand rayon. La figure 3 représente un égout de 1^m,20 de diamètre, établi sur 1 450 mètres de long pour la Compagnie des Eaux-vannes de Reims, et la figure 4 un autre égout demi-circulaire pour la même Compagnie sur 900 mètres de long.

Le *béton Coignet*, et les compositions analogues, qui sont des mortiers maigres comprimés, peuvent rendre des services pour l'établissement de buses et d'égouts, non soumis à de grosses charges. Ils s'expédient par bouts d'un mètre.

Diamètre.....	0 ^m ,20	0 ^m ,30	0 ^m ,40	0 ^m ,50	0 ^m ,60	0 ^m ,80	1 ^m
Prix du mètre sur wagon...	3 ^{fr}	5 ^{fr}	7 ^{fr}	10 ^{fr}	14 ^{fr}	22 ^{fr}	33 ^{fr}
Poids.....	50 ^{kg}	95 ^{kg}	140 ^{kg}	220 ^{kg}	300 ^{kg}	520 ^{kg}	770 ^{kg}

Il est clair que le transport augmente singulièrement les prix pour les gros tuyaux, peu maniables, et que, si l'on a à établir un égout d'une certaine longueur, il vaut mieux fabriquer les tuyaux sur place.

La maison Coignet expédie aussi deux types ovoïdes, de 0^m,90 sur 0^m,60 et de 0^m,70 sur 0^m,50, qui coûtent 22 et 15 francs le mètre.

Tuyaux en grès vernissé. — Les tuyaux en grès vernissé, de bonne qualité, rendent de grands services pour l'établissement des conduites d'assainissement et des petits égouts. Les plus connus, dont la fabrication remonte à 1846, proviennent de la maison Doulton de Londres; les fabriques françaises peuvent en fournir de qualité égale et nos industriels ont surtout à veiller à la constance de leurs produits.

Ces tuyaux doivent être bien calibrés, bien vernissés pour empêcher l'adhérence des matières, inattaquables aux acides; ils offrent pour ces divers motifs de grands avantages sur les tuyaux en fonte.

La principale difficulté à vaincre est d'assurer l'étanchéité des joints; ces joints, faits au mortier de ciment, 1 de sable pour 2 de ciment, doivent être soigneusement exécutés et vérifiés; ils ne doivent présenter aucune aspérité, aucune bavure intérieure.

Malgré toutes les précautions, il arrive quelquefois que le jeu de la dilatation détermine des fissures; si elles sont légères, elles finissent par se colmater à la longue; une faible perte n'a pas un inconvénient capital lorsque la conduite est logée dans le sol et que le liquide ne peut pas gagner des puits ou des caves.

Souvent on se contente d'un joint ordinaire en argile. D'autres fois au contraire, on a recours à des joints élastiques perfectionnés.

Il importe que les tuyaux soient posés sur un terrain solide et non mobile et par files rectilignes; on met des regards aux changements de direction.

Il faut veiller tout spécialement, lors de la pose d'un tuyau quelconque en ciment ou en grès, à ce que la demi-circonférence inférieure soit bien bourrée et repose par toute sa surface sur un bon remblai incompressible; les ruptures se produisent le plus souvent lorsque cette condition est mal observée.

Voici un aperçu des prix des tuyaux Doulton:

DIAMÈTRE INTÉRIEUR									
Centimètres.....	5	7,5	10	15,2	19	25,4	30,5	43,7	53
POIDS AU MÈTRE COURANT									
Kilogrammes.....	4	10	12	24	34	50	56	120	200
PRIX Francs.....	1,20	1,80	2	3,30	4,50	7,20	9	22	33,60
DISTRIB. D'EAU. — II.									31

Il y a des prix spéciaux pour les coudes, les jonctions, les siphons, les caniveaux, etc.

Les dimensions et prix des fabriques françaises de Pouilly, de Boulogne, de Mehun, etc., sont à peu près les mêmes.

Procédés pour arrêter les exhalaisons des égouts et des conduites d'eaux-vannes ou ménagères. — Lorsqu'on passe devant une bouche d'égout, on reconnaît qu'il s'en échappe, dans certaines villes, une odeur putride. Cette odeur ne se développe que dans les égouts mal disposés qui ne reçoivent point un afflux d'eau assez considérable.

Dans les égouts modernes, les matières convenablement diluées et ne séjournant guère ne répandent pas d'odeurs; les bouches d'égouts doivent rester ouvertes, ainsi que toutes les portes, afin de déterminer des courants d'air intérieurs qui assainissent l'égout et en rendent le séjour inoffensif; ces courants sont encore activés par le mouvement de l'eau. Tous ceux qui ont visité les égouts de Paris ont reconnu que l'odeur y était parfaitement tolérable et que les courants d'air devenaient même quelquefois gênants.

Cependant, lorsque les bouches d'égout dégagent des miasmes, il faut s'opposer à ce dégagement. A cet effet, les bouches sont fermées par des trappes mobiles, ou bien ne communiquent avec l'égout qu'au moyen de siphons ou de fermetures hydrauliques analogues aux appareils que nous décrirons tout à l'heure. Alors l'égout ne se trouve plus ventilé; il ne faut y pénétrer que lorsqu'il a été soumis à des chasses d'eau assez violentes pour en rendre le séjour inoffensif.

Même avec les anciens égouts, si l'on a soin de faire suivre les bouches de branchements assez longs, on arrive à atténuer notablement les dégagements d'odeur sur la voie publique.

Il n'en est pas de même pour les conduits qui amènent à l'égout les eaux ménagères et les matières fécales; ils débouchent soit dans les évier des cuisines, soit dans les waters-closets; ils dégagent une odeur infecte lorsqu'ils communiquent librement avec l'égout.

Autrefois l'orifice inférieur de ces conduits était fermé par une soupape à bascule et à contre poids; lorsque la pression du liquide accumulé venait à l'emporter sur le contre poids, la soupape basculait et l'émission s'opérait ainsi d'une manière intermittente. Seulement la fermeture n'était jamais hermétique et on n'évitait point les bouffées méphitiques.

La fermeture hydraulique, figure 53, est bien préférable; les eaux-vannes tombent dans le réservoir *a* qui communique avec le réservoir *b*, dont il est séparé par une cloison verticale pendante qui des-

pend jusqu'au-dessous du niveau du conduit d'évacuation, qui se rend à l'égout; l'eau ne s'abaisse donc pas dans le réservoir *a* au-dessous de la cloison verticale, et la communication directe entre le conduit de la maison et l'égout ne s'établit jamais.

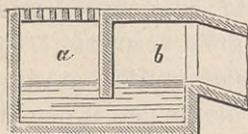


Fig. 53.

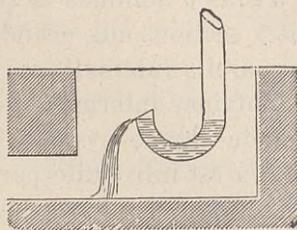


Fig. 54.

On obtient le même résultat avec le siphon renversé, dont la figure 54 montre le principe; mais les résidus solides peuvent plus facilement s'accumuler dans le coude et obstruer le passage. Il faut toujours se ménager la possibilité d'effectuer des chasses de nettoyage et installer des ouvertures, à fermeture étanche, pour la visite et le débordement.

La figure 6, planche 42 représente un siphon intercepteur avec fermeture hermétique; la branche aval se fait horizontale, verticale ou inclinée. La figure 9 *bis* est un clapet qui peut se placer dans l'égout à l'extrémité du branchement; quand il n'y a pas descente d'eau, le clapet empêche les émanations de l'égout de pénétrer dans le branchement et ferme l'accès aux rats. La figure 8 est un siphon de cour avec panier ramasse-boue que l'on enlève et que l'on vide de temps en temps: on les fait sur plan carré ou sur plan circulaire; quelquefois on substitue au panier une grille non amovible. La figure 7 est un autre siphon de cour ou de rue. La figure 9 est un autre siphon qui se place sur un tuyau horizontal ou peu incliné; il offre au retour des gaz une barrière hydraulique de 0^m,10 de hauteur. Dans certains siphons céramiques on ménage deux tubulures, l'une supérieure pour recevoir un branchement d'aération, l'autre inférieure pour recevoir un clapet de vidange et de nettoyage.

Entraînement des matières et nettoyages par les chasses.

— L'expérience montre qu'un filet d'eau continu, représentant un débit total considérable pendant une journée, est sans efficacité sérieuse pour le nettoyage d'une conduite ou d'un égout, alors que la projection brusque d'un certain volume d'eau, bien inférieur cependant au total, entraîne toutes les matières. Ainsi, un débit continu d'un centilitre à la seconde, représentant 864 litres en 24 heures, demeurera sans effet,

alors que 100 litres projetés d'un seul coup exerceront une action puissante.

Ces quelques mots justifient le système des chasses, qui constitue un progrès énorme en matière d'égouts, qui supprime l'obligation du curage à bras d'hommes et qui permet, par conséquent, de substituer les petites sections aux grandes.

Les appareils automatiques de chasse sont basés sur le jeu du siphon et des fontaines intermittentes. La figure 12, planche 42, montre un réservoir de chasse système Douulton, en grès vernissé. L'eau de la distribution est introduite par un robinet, soit goutte à goutte, soit en mince filet, dans la cuve extérieure A, elle monte peu à peu et s'introduit sous la cloche C posant au-dessus du fond de A; quand elle s'est élevée suffisamment, l'amorçage du tuyau B se produit; le siphonnage commence et ne s'arrête que quand la cuve A est vide, ou du moins quand le niveau de l'eau y a atteint le bord de la cloche renversée. La vitesse d'écoulement dépend de la hauteur de chute du siphon; en quelques secondes s'écoule l'eau qui a été accumulée en une journée ou en un nombre d'heures déterminé; il suffit de régler à volonté l'écoulement du robinet alimentaire.

Pour obtenir la première chasse, il faut amorcer le siphon en introduisant une certaine quantité d'eau sous la cloche par le tube de ventilation qui lui est d'ordinaire accolé.

La figure 13 représente une chambre de chasse logée dans un égout avec chambre automatique à deux départs; l'appareil est calculé pour fonctionner quand l'eau s'élève à 0^m,25 au-dessus de la cloche; pour amorcer le siphon la première fois, on verse environ 30 litres d'eau par le tampon en cuivre du dessus de la cloche que l'on revisse ensuite.

Si l'égoutier a besoin de prolonger la chasse avec la hauteur d'eau inférieure, qui ne disparaît pas automatiquement, ou s'il veut opérer une chasse à un moment quelconque, il dispose d'une petite vannette à levier, figure 14.

La chambre de chasse est ordinairement à un seul départ et logée dans une chambre en maçonnerie avec enduit en ciment, en tête d'un égout, comme le montre la figure 15.

Réservoir de chasse à tirage. — Pour water-closets, on se sert de petits réservoirs de chasse à tirage dont la figure 11 planche 42 fait comprendre le principe. Une caisse en tôle reçoit par un robinet à flotteur le volume destiné à une chasse, réglé d'ordinaire de 6 à 10 litres. Un levier H, actionné par une chaîne de tirage, soulève la cloche B, ouverte à sa partie inférieure; une collerette mobile D ferme l'ouverture de la cloche C. A est la tête évasée du tube central formant siphon.

La caisse et la cloche B se remplissent jusqu'au même niveau, et le robinet se ferme quand le flotteur est arrivé au sommet de sa course. Quand on tire la chaîne, la cloche est soulevée, entraîne avec elle la collette et l'eau qui la surmonte; l'amorçage se produit et l'eau s'écoule jusqu'à ce que le bac se vide. Le robinet correspondant, cela va sans dire, à un tuyau de petit diamètre, est ouvert par la descente du flotteur et le bac se remplit à nouveau.

Dans l'appareil de la figure 10, c'est la descente de la cloche B qui, en refoulant l'air, détermine l'amorçage.

On conçoit que ces appareils peuvent recevoir des modifications de détail, être rendus automatiques, etc.

WATER-CLOSETS; VIDANGE

Ces appareils de chasse sont excellents et permettent d'entretenir les cuvettes de cabinets en état constant de propreté; mais ils exigent une consommation d'eau considérable et ne sont compatibles qu'avec l'existence du tout à l'égout. Si les cabinets sont desservis par des fosses, et surtout par des fosses étanches, qui sont exigées maintenant dans toutes les villes de quelque importance, il est impossible de recourir aux chasses volumineuses, et on se borne à installer une prise d'eau de lavage pour nettoyage à la main.

Le nettoyage des cuvettes est, du reste, devenu plus simple depuis qu'on a substitué à la vieille cuvette conique une cuvette de forme rationnelle, à ouverture ovale avec paroi verticale à l'arrière et paroi inclinée à l'avant; les matières tombent directement sur la soupape sans salir les parois, et la consommation de l'eau de lavage est réduite au strict nécessaire.

La figure 2, planche 41, montre la disposition d'une cuvette perfectionnée avec chasse pour tout à l'égout. L'eau arrive à chaque tirage par le tuyau E et se répand sur toute la cuvette, grâce au canal annulaire qui la termine; la chasse entraîne l'eau et les matières par le siphon; celui-ci est relié par le tuyau H à la colonne montante d'aération.

L'ancien système, qui consiste à placer sur la fosse une colonne d'aération montant au-dessus du toit et distincte de la conduite de chute, avait réalisé un progrès sérieux, mais il ne suffit pas, car il arrive parfois que les courants se renversent ou s'arrêtent; les mauvaises odeurs pénètrent alors dans les cabinets et dans la maison; pour empêcher cet afflux, il convient de mettre chaque tuyau de chute en

communication par un tuyau secondaire avec la conduite montante d'aération de la fosse, et mieux avec une conduite spéciale.

Soins à prendre pour la pose des tuyaux. — Il faut que les tuyaux soient solides, assemblés à joints étanches, ne présentant aucun coude brusque, aucun point bas; il faut même qu'ils se rapprochent le plus possible de la verticale. Les tuyaux de chute pour cabinets d'aisance ordinaire ne devraient pas s'écarter de la verticale de plus de 30°. Si ces principes ne sont pas observés, il se forme des dépôts d'un enlèvement difficile, et malheureusement ils paraissent encore ignorés par beaucoup de constructeurs. Les tuyaux de fer sont rapidement attaqués par la rouille, et il faut leur préférer les tuyaux de grès.

Quantité de déjections produite par habitant. — On évalue à 1^{kg},26 par tête et par jour le total des déjections solides et liquides, car les solides n'entrent que pour 0^{kg},09 dans ce total. C'est le liquide qui contient la majeure partie de l'azote fermentescible, c'est-à-dire de la substance la plus propre à servir d'engrais.

Ainsi la population parisienne donne par jour un poids de 2 860 tonnes de matières : 2 665 tonnes de liquide contenant 23 800 kilogrammes d'azote et 20½ tonnes de solide qui n'en contiennent que 3 000 kilogrammes.

Les vidanges ont donc un grand intérêt à recueillir tous les liquides; aussi les tinettes filtrantes ne fournissent-elles qu'un engrais des plus médiocres.

Il est vrai que, dans les fosses, les déjections sont mélangées d'une grande quantité d'eau; la vidange est, pour ce motif, une lourde dépense, car il faut payer 6 ou 8 francs l'enlèvement de 1 mètre cube d'eau qu'on a déjà payé à la ville. Le lavage des water-closets est donc fort onéreux avec les fosses fixes; aussi est-il mal assuré. Le tout à l'égout permet de remédier à ce grave inconvénient; il serait donc désirable d'employer au lavage non pas l'eau de source, mais une eau moins précieuse et moins chère. Divers appareils permettent, à Paris, de recourir à l'eau de rivière malgré sa pression insuffisante.

Procédés de vidange. — Les fosses étanches sont aujourd'hui la règle à Paris et dans toutes les villes de quelque importance. La vidange périodique s'effectue, non plus comme autrefois avec des seaux et des treuils, mais avec des pompes; l'usage des pompes à vapeur refoulant les matières dans des tuyaux à fermeture hermétique a considérablement réduit ce que cette opération avait de pénible et de désa-

gréable pour les ouvriers comme pour le public. Elle est devenue, du reste, beaucoup plus rapide.

Avec des appareils perfectionnés, elle peut aujourd'hui s'opérer en plein jour et, suivant nous, elle présente alors beaucoup moins d'inconvénients que l'opération de nuit ; elle est mieux surveillée et plus rapidement conduite et cause peut-être moins de gêne au voisinage.

Il est certain que les inconvénients des anciens procédés de vidange sont ainsi considérablement atténués et que les villes, même moyennes, à population peu dense, *n'ont pas un intérêt majeur à pratiquer le tout à l'égout*, à moins qu'elles ne disposent de vastes terrains propices à l'épandage des matières et sur lesquels le produit des égouts puisse arriver par le simple jeu de la gravité.

Si le tout à l'égout doit avoir simplement pour résultat de déverser les matières dans une rivière, mieux vaut, à notre avis, conserver les fosses et la vidange ; le mal est plutôt moindre, au point de vue de la salubrité publique, et les matières peuvent être transformées en engrais profitables à l'agriculture.

Sans doute, le tout à l'égout a des avantages sérieux dans les grandes villes ; nous n'avons pas l'intention de les méconnaître, mais il ne faut pas en faire une panacée et engager toutes les villes dans des travaux considérables qui n'auront parfois pour effet que de déplacer le mal.

INSTALLATION DU TOUT A L'ÉGOUT DANS UNE MAISON

La figure 1, planche 41, fait comprendre la disposition générale à adopter pour le tout à l'égout : elle représente la canalisation relative aux cabinets d'aisances. Toutes les cuvettes sont reliées par des siphons au tuyau général de chute placé à l'extérieur du mur et recevant à sa partie haute le produit des chéneaux et des gouttières.

Une colonne montante d'alimentation donne l'eau à tous les réservoirs de chasse, et en même temps à tous les robinets et postes d'eau de la maison.

Un tuyau de ventilation communique avec tous les points hauts des siphons.

La même disposition générale, sauf les réservoirs de chasse, est appliquée aux éviers, aux urinoirs, aux baignoires, aux récipients d'eaux ménagères.

Les tuyaux de chute rejoignent le branchement *incliné* qui va à

l'égout, qui porte un siphon avant d'y arriver et qui se termine par un clapet de pied.

Sur ce même branchement dégorgent les siphons des orifices et des souillards des cours.

On peut compléter l'organisation par un petit réservoir de chasse, logé sous le pavage de la cour et destiné à produire dans le branchement des chasses automatiques ou volontaires.

CURAGE DES ÉGOUTS ET DES SIPHONS DE PARIS

Autrefois, lorsqu'on ne disposait pas des appareils de chasse, l'enlèvement des terres et des sables se faisait assez souvent à la pelle, avec des seaux et des treuils.

Aujourd'hui, les sables et les dépôts sont poussés aux collecteurs et parfois chargés sur des wagonnets et portés à des bateaux sur la Seine ou sur le canal.

Mais c'est surtout par l'eau que se produit l'entraînement des dépôts.

On a ménagé de place en place des vannes, levées en temps ordinaire, que les égoutiers abaissent lorsqu'ils veulent créer une retenue; en les relevant ensuite, ils produisent une chasse plus ou moins puissante, qui entraîne les boues et les sables, surtout lorsqu'on a eu soin de ménager, à la pelle ou au rabot, une rigole au milieu du dépôt.

On a établi, en outre, des *réservoirs de chasse* de 8 à 10 mètres cubes, alimentés en eau d'Oureq ou en eau de rivière; il en faudrait 3 000 pour le service complet. Chacun donne deux à trois chasses par jour.

Les collecteurs ordinaires sont curés par les *wagons-vannes* et le grand collecteur par le *bateau-vanne*; ce sont des appareils analogues à ceux dont on s'est parfois servi pour creuser le chenal des rivières mobiles ou pour maintenir le chenal des ports.

La section des collecteurs moyens comprend une cunette de 1^m,20 ou 0^m,80, bordée de deux trottoirs dont l'arête est consolidée par une corniche en fer; les deux arêtes de la cuvette forment donc deux rails, sur lesquels circulent des chariots à quatre roues avec boudin intérieur. A l'arrière du chariot est une vanne mobile que l'on peut enfoncer plus ou moins dans la cunette; cette vanne arrête l'eau et détermine de l'amont à l'aval une chute qui chasse sous la vanne un courant animé d'une grande vitesse. Ce courant entraîne les dépôts solides et cure l'égout. Le chariot, sollicité par la pression sur sa vanne, s'avance de lui-même avec une vitesse qui dépend de la gran-

deur des dépôts et de la hauteur de la chute; le volume de la masse mobile en avant de lui atteint 50 mètres cubes dans les cunettes de 1^m,20.

Dans le collecteur d'Asnières, on a substitué au wagon-vanne un bateau ayant à peu près la largeur de la cunette, 3^m,50, et portant une vanne à l'arrière; le fonctionnement est le même et le massif chassé atteint 200 mètres cubes.

Quand le wagon ou le bateau sont à bout de course, on lève la vanne et on ramène l'appareil à son point de départ.

Siphon de l'Alma. — On sait que le collecteur de la rive gauche porte ses eaux sur la rive droite, à l'amont du pont de l'Alma, par un siphon formé de deux tuyaux en tôle de 1 mètre de diamètre, passant dans la Seine. Cet ouvrage fort intéressant a été décrit par Belgrand, dans les *Annales des Ponts et Chaussées* de décembre 1869.

On en opère le curage en engageant dans les tubes une boule en bois de 0^m,85 de diamètre, qui laisse sous elle une section en forme de croissant de 0^m,15 de hauteur; nous avons calculé dans la partie théorique l'effet de ce dispositif.

En deux ou trois minutes, la boule parcourt le siphon et le courant entraîne le dépôt.

Un nouveau siphon analogue vient d'être créé à l'amont du pont de la Concorde.

Siphons de l'île Saint-Louis et de l'île de la Cité. — Nous décrirons avec plus de détails ces deux siphons de dimension réduite, parce qu'ils peuvent trouver leur application dans les distributions d'eau.

Les égouts des deux îles débouchaient directement en Seine jusqu'en 1890; depuis cette époque, le produit des égouts se rend, par des siphons traversant le fleuve, à l'égout du quai de l'Hôtel-de-Ville pour l'île Saint-Louis et à l'égout du quai des Augustins pour l'île de la Cité. La description des deux siphons a fait l'objet d'une notice publiée par M. l'ingénieur Meyer (*Annales des Ponts et Chaussées*, 1891), notice qui nous a fourni les chiffres et renseignements ci-après :

1° *Siphon de l'île Saint-Louis.* — Il traverse normalement le fleuve à quelques mètres au-dessus de la pointe aval de l'île Saint-Louis. Il y a une chute de 0^m,80 entre le plan d'eau de l'île et celui de l'égout du quai de l'Hôtel-de-Ville.

La surface de l'île étant de 98 000 mètres carrés et sa population de 6 500 habitants, la consommation publique et privée donne un volume à évacuer égal à 250 litres par tête et par jour, soit un débit moyen de

68 mètres cubes à l'heure : une pluie abondante, de 0^m,01 de hauteur à l'heure, donne un débit de 327 mètres cubes à l'heure, en supposant que la pluie mette trois fois plus de temps pour parcourir l'égout que pour tomber. D'où un débit total maximum 395 mètres cubes à expulser par heure ou de 40 litres par seconde ; un déversoir avec décharge directe en Seine permet de parer aux accidents et aux cas exceptionnels.

La longueur du siphon est de 119 mètres, la chute totale de 0^m,80 donne une charge de 0^m,006723 par mètre courant, et, pour un tuyau de 0^m,40 de diamètre, les tables de Prony indiquent, dans ces conditions, un débit de 171 litres par seconde avec une vitesse moyenne de 1^m,36 ; nos tables, calculées sur les formules de Darcy, n'indiquent qu'un débit de 140 litres avec une vitesse de 1^m,10.

Le diamètre de 0^m,40 est donc plus que suffisant et le siphon est établi en double pour parer à toute éventualité.

La double conduite est en feuilles de tôle de 11 millimètres, soigneusement aboutées, assemblées par couvre-joints extérieurs, avec rivets à tête fraisée à l'intérieur, afin de ménager pour l'écoulement une paroi bien lisse. Chaque tronçon de conduite, d'environ 7 mètres de long, se termine par une bride saillante en cornière de 80, 80, 13 ; l'assemblage, fait au minium, est serré par quatorze boulons. Les deux conduites, distantes de 0^m,27, sont reliées tous les 3^m,50 par des entretoises en tôle, assemblées sur les tuyaux par des cornières, et le poids est de 143 kilogrammes par mètre de tuyau simple.

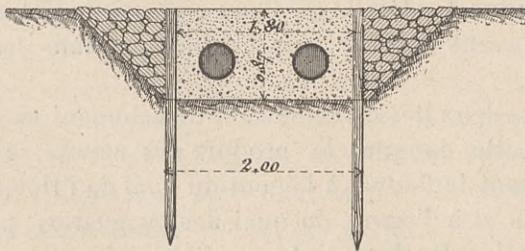


Fig. 55.

A l'emplacement du siphon, une tranchée de 2 mètres de largeur draguée dans le lit du fleuve a été encadrée par deux files de palplanches, battues par panneaux et recépées à la hauteur du fond du lit. A cheval sur cette tranchée ont été établies trois palées en charpente destinées à l'opération de l'immersion : chaque palée comporte à l'aval quatre pieux battus au refus et croisés dont le rôle est d'arrêter et d'amarrer la partie centrale du double siphon, pendant qu'on ajuste les

parties latérales qui doivent être placées au-dessus du plan d'eau normal de la Seine dans des fouilles sur berge pratiquées à cet effet ; la partie d'amont de la palée n'était construite qu'après l'arrivée du siphon flottant à son emplacement, elle supportait le palan de manœuvre et un cadre à glissière.

On a monté sur le port, parallèlement au fleuve, le tronçon central de 78 mètres, partie droite avec amorcement des courbes des berges, et on l'a fermé par des plaques pleines ; c'était une masse de 22 300 kilogrammes, montée sur un chantier rigide formé de poutres parallèles et perpendiculaires à la rive ; la pente du chantier était de 0^m,15 par mètre et les cinq longrines en pitchpin, perpendiculaires à la rive, espacées de 15 mètres d'axe en axe avec 0^m,30 d'équarrissage, étaient recouvertes d'un fer méplat savonné au moment de l'opération. On détermina la descente au moyen de crics et de leviers, en tenant la retraite avec des palans. Le siphon flottant a été saisi à chaque extrémité entre deux margotats de 15 tonnes, reliées par une charpente portant deux vérins pour soulever légèrement la masse et des treuils pour s'opposer à tout déversement.

Dans la tranchée, on avait coulé à l'avance quatre tasseaux en béton de portland, nivelés par des plongeurs et établis à l'emplacement de parties lisses du tube ; puis on a laissé filer le train flottant et on l'a amené en place, puis on a achevé les trois palées ; chacune a reçu un cadre vertical entourant le double siphon et le supportant par sa base, ce cadre était mobile dans une rainure verticale et assurait une descente régulière sans déversement.

La différence entre le volume d'eau déplacé et le poids de la masse était très faible, et il a suffi d'une surcharge avec des rails placés sur les entretoises pour déterminer l'enfoncement ; cette surcharge est beaucoup plus facile à régler que celle qu'on eût obtenue en introduisant de l'eau dans les tubes, car l'eau contribue sans cesse à amplifier les moindres dénivellations.

L'uniformité de la descente a été obtenue en suivant l'opération sur des échelles accolées aux glissières.

Le tuyau mis en place et rempli d'eau a été visité au scaphandre, puis on a immergé le béton de portland ; le plongeur bourrait le béton autour des tuyaux et réglait la surface.

Comme au grand siphon de l'Alma, le nettoyage périodique des tuyaux se fait avec une boule en bois de 0^m,30 de diamètre, pesant 10 kilogrammes, qui, sous de faibles charges, parcourt en deux minutes et demie la longueur de 119 mètres.

2° *Siphon de l'île de la Cité.* — Il est analogue au précédent et a été mis en place par les mêmes procédés ; le diamètre des conduites est

de 0^m,50 et leur longueur 78 mètres. On a supprimé le coffrage en palplanches, et la fouille draguée a été entièrement remplie en béton, ce qui a fait gagner du temps.

La surface étant de 22 hectares et la population de 8 000 habitants, le calcul, effectué sur les mêmes bases que pour l'île Saint-Louis, indique un débit maximum de 810 mètres cubes à l'heure ou 225 litres par seconde.

La chute ménagée sur la longueur du siphon est de 0^m,50, soit une charge de 0^m,0064 par mètre courant, ce qui, d'après nos tables, donne un débit de 238 litres avec une vitesse moyenne de 1^m,21.

Mais la chute de 0^m,50 ne pouvait être obtenue naturellement, car le plan d'eau de l'égout du quai des Orfèvres (Cité) est inférieur à celui du quai des Augustins situé sur l'autre rive du petit bras de la Seine, et il est nécessaire de relever les eaux de l'île d'une hauteur pouvant atteindre jusqu'à 1 mètre ou 1^m,10 pour les amener dans la chambre en tête du siphon.

Le relèvement se fait par deux pompes rotatives débitant l'une 40 à 70 litres et l'autre 100 à 150 litres par seconde, mues la première par une turbine de 0^m,50 de diamètre faisant 500 tours à la minute et la seconde par une turbine de 0^m,60 de diamètre faisant 400 tours. Les pompes centrifuges s'amorcent d'elles-mêmes, vu la faible hauteur d'opération ; elles ne portent pas de crépines, des grillages arrêtent les matières solides.

Le travail utile des deux pompes est de 198 kilogrammètres ; il est fourni aux deux pompes par l'eau sous pression de la canalisation de la ville. Nous ignorons quelle est en ce point la charge disponible ; si elle atteint une quarantaine de mètres et que le rendement du mécanisme soit de 50 0/0, il faudra un débit de 11 litres à la seconde pour élever le produit des égouts de la cité en cas de forte pluie ; en temps ordinaire, la dépense sera infiniment moindre, le volume des eaux ménagères seules étant beaucoup plus faible.

Dans des cas analogues, la nécessité d'une double conduite ne s'imposerait pas ailleurs qu'à Paris ; il y aurait avantage à réduire la dépense, les accidents possibles étant tout à fait aléatoires.

Atmosphère des égouts de Paris. — La température de l'air y présente une moyenne plus élevée que celle de l'air extérieur ; les écarts sont moins grands qu'au dehors. En 1894, la température minima a été de 5° au mois de janvier et la maxima de 21° à la fin de juillet.

L'humidité de l'air des égouts est plus forte que celle de l'air extérieur pendant le premier semestre et à peu près la même dans le

second semestre. En mai, notamment, l'air est saturé de vapeurs d'eau et les parois sont presque constamment couvertes par de l'eau condensée.

La température des eaux d'égout est en moyenne de 7 à 8° de décembre à février, puis elle s'élève et atteint 18 à 19° au milieu de l'été pour redescendre ensuite.

SYSTÈME GÉNÉRAL DES ÉGOUTS DE PARIS

Trois collecteurs généraux reçoivent le produit des égouts de Paris : 1° le grand collecteur d'Asnières, longueur 9 000 mètres, bassin 2 600 hectares ; 2° le collecteur de la rive gauche ou de la Bièvre, qui rejoint le premier par deux siphons, longueur 10 300 mètres, bassin 3 100 hectares ; 3° le collecteur du Nord, ou des coteaux, qui se termine à Saint-Denis dans la Seine, longueur 12 000 mètres, bassin 1 300 hectares.

La figure 4, planche 43, donne la section du grand collecteur, dont la cuvette peut débiter 4 mètres cubes à la seconde. La vitesse varie de 0^m,30 à 0^m,40 dans la partie haute et s'élève à 0^m,70 à la partie inférieure ; la pente varie de 0^m,26 à 0^m,30 par kilomètre dans la partie haute, elle est de 0^m,56 dans l'autre.

Les figures 2 et 5, planche 43, donnent la section de collecteurs secondaires. Les figures 1 et 3 représentent des égouts secondaires d'un type remontant déjà à 25 ans ; le dernier type, avec petite cuvette, système Durand-Claye, est donné par la figure 5, planche 42.

Tous les égouts de Paris sont accessibles à un homme debout, la hauteur ne tombe pas au-dessous de 1^m,80 ; ce système a de grands avantages, comme nous l'avons dit ; mais, dans les villes moyennes, on peut remplacer la plupart des derniers types de la ville de Paris par des conduites en grès ou en béton de ciment.

D'après Bechmann, la ville de Paris comportait, au 1^{er} janvier 1894,

18 200 mètres de collecteurs à bateaux-vannes.	
41 600 — — wagons-vannes.	
880 400 — d'égouts ordinaires.	

Comme travaux accessoires, il fallait compter : 15 500 regards, la plupart sous trottoirs ; 11 200 bouches ; 6 siphons dont 3 sous la Seine, 2 sous le canal et 1 sous le chemin de fer de Ceinture ; les déversoirs envoyant en Seine l'excès des eaux lors des orages ; les

chambres à sable et les grilles destinées à arrêter les corps solides ; deux usines élévatoires, place Mazas et quai des Orfèvres, relevant dans les collecteurs le produit de bassins trop bas.

En 1893, on a écoulé un volume moyen de 394 400 mètres cubes par jour ; les déversoirs n'ont fonctionné que onze fois dans l'année.

Les travaux en cours comprennent l'exécution de 205 kilomètres de nouveaux égouts avec un collecteur supplémentaire, l'amélioration des anciens égouts et le complément des réservoirs de chasse.

Égouts des communes suburbaines de Paris. — Nous avons donné, dans le chapitre précédent, la description sommaire du projet dressé par M. l'Ingénieur en chef Hétier pour l'assainissement de la banlieue de Paris.

L'exécution doit en être régie par la loi de 1807.

LOI DU 16 SEPTEMBRE 1807. EXTRAIT RELATIF AUX TRAVAUX DE SALUBRITÉ

ART. 35. — Tous les travaux de salubrité qui intéressent les villes et les communes seront ordonnés par le Gouvernement et les dépenses supportées par les communes intéressées.

ART. 36. — Tout ce qui est relatif aux travaux de salubrité sera réglé par l'administration publique ; elle aura égard, lors de la rédaction du rôle de la contribution spéciale destinée à faire face aux dépenses de ce genre de travaux, aux avantages immédiats qu'acquerraient telles ou telles propriétés privées, pour les faire contribuer à la décharge de la commune dans des proportions variées et justifiées par les circonstances.

ART. 37. — L'exécution des deux articles précédents restera dans les attributions des préfets et des conseils de préfecture. »

Ainsi les travaux d'égout et d'assainissement sont, en principe, à la charge des communes ; mais, lorsqu'on établit le tout à l'égout, il est clair qu'il en résulte pour les propriétaires un grand avantage et qu'il est équitable de les faire contribuer aux dépenses de premier établissement et d'entretien.

C'est ce principe qu'ont consacré pour la ville de Paris la loi du 10 juillet 1895 et l'arrêté préfectoral pris en conformité de cette loi. Ces deux pièces sont reproduites ci-après.

OBSERVATIONS SUR LES ÉGOUTS DE DIVERSES VILLES

Dans le chapitre qui précède, en présentant la statistique des distributions d'eau, nous avons signalé diverses villes qui possèdent un

système d'égouts plus ou moins complet; le déversement en rivière est à peu près la règle générale et, malheureusement, il se fait parfois à l'amont ou dans la traversée des villes. Quant à l'utilisation agricole des eaux d'égout, elle constitue une rare exception.

Nous signalerons ici quelques points qui peuvent être utiles au lecteur pour la préparation des projets.

Égouts de Besançon. — Avant 1854, époque de l'adduction des eaux d'Arcier, les eaux pluviales et autres s'écoulaient au milieu des rues et gagnaient des égouts à ciel ouvert; en 1854, on couvrit ces anciens émissaires et on les compléta en prenant comme seule règle de gagner la rivière par le plus court chemin possible. Presque tous les égouts construits débouchent à l'amont de la ville, de sorte qu'en temps de crue du Doubs ses eaux pénètrent dans les quartiers bas non seulement par les poternes ménagées au mur d'enceinte, mais encore par les égouts, voies souterraines qu'on leur a ouvertes; en 1882, des caves ont été inondées qui n'étaient pas exposées autrefois à cet inconvénient. Autre inconvénient: les eaux d'égout arrivent dans le Doubs par 17 ouvertures; en temps d'orage, un courant jaunâtre en sort et s'épanouit dans la rivière, montrant les détritits dont il est chargé.

Cette situation se présente en plus d'une ville, avec une gravité variable. M. Jeannot a étudié pour Besançon le projet qui doit mettre fin à ces inconvénients: il établit un collecteur interceptant l'écoulement des égouts en rivière et rassemblant les eaux pour les conduire dans le Doubs en aval du barrage que l'on trouve au-dessous de la ville; il ferme avec soin les orifices imprudemment ouverts dans la ceinture créée par la fondation des remparts; cela fait, il dessert par des égouts secondaires des quartiers qui, précédemment, avaient recours à des puits perdus, seule cause de l'infection du sous-sol de la ville, ouvrages funestes à l'hygiène publique.

Égouts de Francfort-sur-le-Mein. — Dans un mémoire très substantiel, inséré aux *Annales des Ponts et Chaussées* de 1891, M. l'Ingénieur en chef Hirsch nous a donné des renseignements complets sur l'alimentation d'eau de Francfort et sur son système d'égouts, établis sous la direction de M. W. Lindley, ingénieur en chef. Nous extrayons de ce mémoire les renseignements qui suivent.

Les égouts doivent tout entraîner: eaux pluviales, eaux usées, déjections. La ville étant à cheval sur le Mein, il y a un réseau sur chaque rive avec collecteurs suivant à peu près des courbes de niveau et

égouts secondaires suivant les lignes de plus grande pente. Les pentes ne tombent pas au-dessous de 1 millimètre par mètre.

Il y a sept types de sections ovoïdes : la plus grande a 1^m,80 sur 2^m,40 et la plus petite 0^m,57 sur 0^m,85 ; il semble qu'à partir de 1^m,50 ou 1^m,30 de hauteur, il vaudrait mieux recourir à la section circulaire, cependant, il est certain que la forme ovoïde est préférable pour les petits débits et qu'elle exige une moindre largeur de tranchée. La section ovoïde est seule en usage pour les collecteurs et égouts secondaires ; les branchements et petits égouts sont en tuyaux circulaires de 0^m,30 et 0^m,38 de diamètre. Le type ovale 0^m,57 sur 0^m,87 constitue la moitié de la longueur du réseau.

Bases du calcul : 150 litres de liquide par tête et par jour, 12 à 30 litres par seconde et par hectare pour les pluies d'orage ; ce coefficient varie suivant la densité du quartier, la pente et la nature du sol, l'étendue du bassin.

Le radier des égouts est lisse, sans poches ni aspérités ; la section ovale est rétrécie dans le bas pour concentrer les eaux de lavage.

« Les *jonctions d'égouts* sont également tracées avec des courbes à grand rayon se raccordant tangentiellement et avec des pentes convenables pour éviter tout ralentissement dans le mouvement des eaux. »

Nous signalons cette précaution, trop souvent négligée : les raccords se font trop souvent suivant la normale, quelquefois même suivant un angle obtus ; il en résulte des arrêts de courant, des remous, des pertes de charge, des inondations ou des dépôts.

Le nettoyage périodique s'opère par bassins de chasse qu'alimentent soit un ruisseau, soit l'excédent des eaux de source de la distribution. On a évité les terminaisons en cul-de-sac. Il y a sur le parcours 470 portes de chasse en fer, 320 vannes et 70 clapets. On trouve des regards et des descentes tous les 200 mètres sur les collecteurs, tous les 100 mètres sur les égouts ; tous les 40 mètres on trouve des bouches circulaires de 0^m,23 de diamètre sur les branchements.

La *décharge en rivière* se fait par un tuyau, noyé dans le sol et enveloppé de béton, placé en biais dans le lit de la rivière et débouchant en eau profonde dans le sens du courant ; le mélange se fait mieux et plus vite et le courant superficiel d'eau sale est évité.

La *ventilation* est assurée par de nombreux regards au cerveau des voûtes, tous les 30 ou 40 mètres, par les tuyaux de chute et par des cheminées spéciales dont une a 30 mètres de hauteur.

Il y a 5 460 *bouches* pour eaux pluviales ; ce sont des tuyaux en grès vernissé de 0^m,40 de diamètre, avec fermeture hydraulique ; le bas, sur 0^m,90 de hauteur, forme réservoir à sable ; la fermeture hydraulique est à 1^m,30 sous la chaussée.

Une nappe aquifère supérieure aux égouts a été drainée et y est amenée par des tuyaux.

Dans les maisons, le tuyau de chute est libre et sans siphon de l'égout jusqu'au toit ; il sert à la ventilation, généralement ascendante à cause de la plus grande température de l'air des égouts. Ce tuyau est parfaitement étanche et isolé de l'habitation par des fermetures hydrauliques. Le système contraire a prévalu à Paris ; les tuyaux de chute sont soigneusement isolés des égouts, dont la ventilation est assurée par les bouches et regards.

Épuration des eaux. — Les eaux vanes arrivent en quatre heures jusqu'au Mein ; aussi le fleuve, à l'aval du débouché, charriait-il des matières intactes, des papiers, etc. Malgré l'énorme débit proportionnel du Mein, cet état de choses souleva des plaintes fondées. Dans l'impossibilité où l'on était d'opérer l'épuration agricole, on eut recours à l'épuration chimique. Une usine fut établie à 4^{km},5 de la ville, et les eaux d'égout y arrivent, sauf le fonctionnement des décharges, par des tuyaux en tôle de fer de 0^m,75 de diamètre.

Le traitement est à la fois mécanique et chimique ; une première décantation amène la séparation des sables et matières lourdes, puis on traite le liquide par un lait de chaux et une solution de sulfate d'alumine ; le précipité obtenu se dépose par une circulation lente et continue dans de vastes bassins, et les eaux clarifiées sont rejetées au Mein.

Quand un bassin est rempli à hauteur voulue, le dépôt est enlevé par une pompe à vase.

Chaque bassin, de 1 100 mètres cubes de capacité, 82^m,40 de long, 5^m,70 de large et 2^m,50 de haut, purifie 6 000 mètres cubes d'eau par jour, ce qui consomme une tonne de sulfate d'alumine et un quart de tonne de chaux.

L'eau qui, à l'arrivée, contient par mètre cube 1^{kg},3 de matières en suspension n'en contient plus à la sortie que 0^{kg},17, dont 0^{gr},41 de matières organiques et 0^{gr},06 de matières minérales ; l'azote dissous n'est pas retenu.

Le nombre des germes est réduit dans une proportion considérable, et l'action du lait de chaux paraît, sous ce rapport, très efficace.

On a reconnu qu'une simple décantation avec repos dans les bassins pouvait donner une clarification suffisante, mais alors les bassins dégagent une odeur infecte, que la chaux employée seule ne supprime pas.

De l'avis des praticiens, l'épuration agricole est bien préférable à cette épuration physique, qui n'est qu'un pis-aller.

L'opération revient à 0^{fr},015 par mètre cube.

Égouts de Varsovie. — La description en a été donnée par M. Sokal, ingénieur, dans une notice insérée aux *Annales des Ponts et Chaussées* de 1888.

Le système comprend trois collecteurs principaux débouchant dans la Vistule; pour un quartier bas, on a prévu une usine élévatoire avec pompes qui rejettent l'eau dans un des collecteurs en temps normal, et dans la Vistule en temps de pluie.

Le radier des égouts est généralement à 5 ou 6 mètres sous la rue. Leur pente est relativement considérable : 4 millimètres par mètre pour le collecteur général.

Les débits ont été calculés sur les bases suivantes :

1° Pour les *eaux de pluie*; une hauteur de 6^{mm},25 pour une pluie ordinaire de douze heures, soit 0^{lit},73 par seconde et par hectare; une hauteur de 4^{mm},76 pour une forte averse tombant en une heure, soit 13 litres par seconde et par hectare; pour les quartiers à jardins et à maisons isolées, on a admis 8^{lit},5 par seconde et par hectare; les décharges fonctionnent pendant les pluies violentes et prolongées.

2° Pour les *eaux-vannes et ménagères*, l'expérience de Berlin montre qu'il faut les évaluer à une fois et demie la quantité d'eau propre distribuée. Cela fait, à Varsovie, 1 litre par seconde et par hectare, en portant la moitié du débit sur huit heures.

Abstraction faite des conduites circulaires de 0^m,30 à 0^m,38, les égouts sont ovoïdes, exécutés en briques et mortier de ciment dosé à 1 de ciment pour 4 de sable.

L'aération se fait comme à Francfort; du reste, le projet a été dressé sous la direction de M. Lindley. Le nettoyage s'opère par chasses, à l'aide de nombreuses vannes en fonte ayant le profil des égouts; il revient à 0^{fr},20 par an et par mètre.

Les *raccordements* se font en courbe avec radiers à niveaux différents pour éviter les remous, les refoulements de courant et les dépôts (*fig. 4 à 9, pl. 28*).

Égouts de Berlin (Note de M. l'ingénieur Launay, publiée dans les *Annales des Ponts et Chaussées* de 1895). — Le projet d'assainissement qui a été exécuté avait été présenté en 1873 par M. Hobrecht dont le rapport se terminait par cette conclusion: « Il est inadmissible qu'on rejette dans la Sprée les eaux usées de Berlin, chargées ou non des matières excrémentielles; elles doivent être refoulées sur des champs d'irrigation aux environs immédiats de la capitale, les procédés d'épuration chimique étant démontrés insuffisants ou trop coûteux. »

La ville est divisée en 12 bassins naturels, ou *systèmes radiaux*

limités à des ruisseaux ou à des lignes de partage ; à chaque système correspondent un réseau qui réunit les eaux pluviales et autres et une usine qui les refoule vers les champs d'épuration à une hauteur de 20 à 30 mètres.

Le débit maximum à écouler par seconde et par hectare a été fixé à 22^{lit},73, dont 1^{lit},545 pour les eaux ménagères et 21^{lit},185 pour les eaux pluviales, et les sections ont été calculées dans l'hypothèse de l'écoulement à pleine section.

Un système radial comprend plusieurs collecteurs principaux aboutissant à l'usine, qui ont la plus grande longueur et la moindre pente et qui reçoivent les conduites soit directement, soit par des collecteurs secondaires. Sur 726 kilomètres d'égouts, en 1894, il y avait 582 kilomètres de conduites en poterie de 0^m,21 à 0^m,48 de diamètre, et 144 kilomètres d'égouts ovoïdes maçonnés d'une hauteur comprise entre 0^m,90 et 2 mètres.

Les collecteurs se réunissent près de l'usine en un tronc commun qui débouche dans le bassin à sable, puisard de 12 mètres de diamètre, coupé suivant un diamètre par une grille verticale avec vide de 0^m,015 entre les barreaux ; de l'autre côté de la grille est la crépine des pompes mues par des machines horizontales.

Des bouches d'égouts, ou *gullies*, espacées de 60 mètres le long des bordures de trottoir, reçoivent les eaux pluviales par une grille au fond de la chaussée ; les sables et matières solides se déposent au fond du puisard, et les eaux s'échappent par un tuyau latéral muni d'une grille métallique.

On trouve sur les conduites, tous les 60 à 80 mètres, à tous les changements de direction et de pente, et surtout à tous les points hauts, des regards de 0^m,95 de diamètre avec plaque à trous ; ces regards, indispensables pour l'expulsion de l'air, servent aussi au nettoyage.

Des déversoirs suivis de canaux de décharge, correspondant au sommet des conduites et aux naissances des sections ovoïdes, conduisent aux rivières l'excédent des eaux d'averses ou d'orages, qui sont, du reste, assez rares. On estime que l'eau des déversoirs, au premier moment de déversement, contient au plus $\frac{1}{8}$ d'eau ménagère

et $\frac{1}{100}$ de matières excrémentielles ; ce rapport diminue rapidement

et tombe à $\frac{1}{15000}$.

Les conduites de refoulement des usines sont en fonte avec un diamètre de 0^m,75 à 1 mètre.

Le nettoyage des canaux et conduites se fait chaque semaine en trois nuits et quatre jours.

La visite des canaux se fait par deux égoutiers bottés : l'un pousse devant lui avec un rabot en bois le sable, et les matières solides déposées et le second balaye le radier en arrière ; un troisième ouvrier suit le mouvement sur la chaussée et ouvre les regards successifs afin de donner de l'air à ses camarades.

Le lavage des conduites s'opère par une chasse ; on remplit le puisard d'amont avec l'eau de la ville, en fermant l'orifice de départ avec un tampon à chaîne ; on tire le tampon brusquement et, en même temps, un ouvrier remue les dépôts du fond des puisards pour les mettre en suspension.

Le curage d'une conduite s'effectue par un balai cylindrique en piazzava fixé au milieu d'un câble goudronné ; par un courant d'eau on fait passer d'un regard au suivant un flotteur qui tire une ficelle huilée attachée au câble. Le câble est tiré en avant par un treuil ; un ouvrier enlève avec un seau les matières arrivant dans le regard et un autre tient le câble d'arrière. On fait passer trois balais de diamètre croissant.

Le curage des canaux s'opère par appareils à vannes analogues aux wagons-vannes de la ville de Paris.

On a mis à l'essai, pour le curage des conduites, une sorte d'obus cylindrique monté sur roulettes, dont le diamètre est les trois quarts de celui du rouleau.

Quantité d'eau refoulée. — Dans l'année 1893-1894, les usines ont refoulé aux champs d'épuration 408 litres par tête et par jour, alors que la moyenne d'eau distribuée était de 68^{lit},5. On voit que l'augmentation provenant des diverses sources, pluie et autres, était environ la moitié de l'eau distribuée.

L'eau est répandue sur des dunes sablonneuses, moins perméables que les graviers de la vallée de Seine ; la couche perméable, reposant sur une assise imperméable, n'a guère que 1^m,50 d'épaisseur moyenne.

Il y a deux groupes de terrains, l'un à 3 kilomètres de la ville, l'autre à 12 kilomètres ; surface totale 9 000 hectares ayant coûté 2 000 francs en moyenne.

La surface aménagée est de 4 600 hectares qui ont reçu en une année 64 millions de mètres cubes, soit 13 600 mètres cubes par hectare et par an.

Presque tous les champs irrigués sont en même temps drainés avec des files de tuyaux de drainage ordinaire de 0^m,06 de diamètre espacées de 8 mètres.

La distribution des eaux sur les champs se fait à l'aide de conduites maîtresses en fonte qui desservent des tuyaux en poterie et des rigoles à ciel ouvert de 0^m,50 de profondeur.

L'état sanitaire des populations qui habitent les terrains irrigués est très satisfaisant. De même, la courbe de la mortalité s'est abaissée dans Berlin au fur et à mesure de l'exécution du plan du tout à l'égout. De 29 pour 1 000 en 1883 elle est tombée à 20 en 1892.

La dépense par mètre cube d'eau épurée ressort à 0^{fr},057, et par tête d'habitant à 2^{fr},37 ; si l'on ajoute les redevances payées par les propriétaires, la dépense devient 0^{fr},117 par mètre cube d'eau épurée, et 4^{fr},75 par habitant et par an. C'est, comme on le voit, une charge assez considérable.

Le réseau des égouts de Berlin a été bien calculé et fonctionne parfaitement ; mais il est beaucoup moins élastique et exige une surveillance beaucoup plus assidue que celui de Paris. Il envoie trop souvent à la rivière l'excès des pluies et exige l'enlèvement direct des sables, des boues et autres immondices que l'on pousse dans nos égouts.

Notre système est plus favorable à la propreté constante et à la bonne tenue de la ville, mais il est plus coûteux de premier établissement et d'entretien ; le système de Berlin s'appliquerait mieux que celui de Paris à une ville dans laquelle il faudrait installer de toutes pièces un réseau d'égouts, surtout si l'on voulait réduire la dépense au strict nécessaire.

Égouts de Reims. — Reims a depuis longtemps déjà organisé l'épuration agricole des eaux d'égouts ; le champ d'épuration, exploité par la Compagnie des Eaux-vannes, est à 6 kilomètres de la ville, il occupe 596 hectares. La ville paye à la Compagnie une redevance de 0^{fr},0045 par mètre cube épuré, ce qui fait 70 000 à 75 000 francs par an pour une moyenne de 44 750 mètres par jour. Le champ est divisé en trois zones : la première, située au-dessus de l'altitude 78^m,90, reçoit les eaux du bas de la ville, 32 000 mètres cubes par jour, prises dans l'égout collecteur inférieur et relevées par trois machines à vapeur de 110 chevaux de puissance totale ; ces eaux industrielles sont peu chargées de matières organiques. La zone moyenne, altitude 75 à 78^m,50, reçoit par gravitation les eaux des parties hautes de la ville 13 000 mètres cubes. La troisième zone, inférieure, reçoit en temps d'orage le trop-plein des précédentes ; elle comprend les marais tourbeux de la rive droite de la Vesle, transformés en prés et oseraies ; les zones supérieures reposent sur la craie, et la couche terreuse comprend 80 de calcaire, 15 de sable siliceux et 5 d'argile ou d'humus.

Les eaux de l'égout supérieur renferment 2^{sr},133 de matières insolubles organiques ou minérales, 0^{sr},050 d'azote ammoniacal, 0^{sr},041 d'azote organique et 0^{sr},041 de chlore ; celles de l'égout inférieur ne renferment que 0^{sr},905 de matière fixe, 0^{sr},050 d'azote et 0^{sr},054 de chlore. La distribution se fait par tuyaux de ciment ou de fonte suivant la pression. Le drainage s'opère par des canaux profonds à air libre, où le niveau de l'eau est toujours à 2 mètres au-dessous du sol ; l'eau de ces canaux est claire et presque assez purifiée pour servir à la boisson.

La Compagnie elle-même cultive le champ, dont la moitié environ porte des betteraves.

Avant d'arriver aux pompes, les eaux d'égout se répandent dans un bassin : les corps flottants, les matières grasses et les huiles montent à la surface, et on enlève cette couche de quelques centimètres, qui constitue un bon engrais ; c'est là seulement que les odeurs se font sentir.

Il n'y a pas d'habitation sur les champs d'épandage. L'hectare de terrain rapporte 500 francs par an. L'irrigation se pratique toute l'année. Jusqu'à présent, on n'a traité que les eaux d'égout ordinaires, le tout à l'égout n'est pas encore pratiqué ; mais l'expérience semble prouver qu'il sera sans inconvénient.

ÉGOUTS DU SYSTÈME SÉPARÉ ; DISPOSITIONS DIVERSES

Lorsqu'on a à établir des égouts dans une ville neuve, ou dans une agglomération qui en est encore presque complètement dépourvue, on est logiquement conduit à vouloir substituer à nos grands égouts du type français de simples tuyaux, destinés à entraîner au loin les eaux ménagères et les eaux-vannes à l'exclusion des eaux pluviales, considérées, parfois à tort, comme inoffensives.

L'entraînement peut se faire par la gravité, pourvu que l'on dispose de chutes supérieures à celles qu'exigent les égouts ordinaires et que l'on procède à des chasses fréquentes pour maintenir les sections libres ; avec ce système, que nous avons décrit précédemment, on peut dire, d'une manière triviale, que les réservoirs de chasse sont les clyso-pompes des intestins des villes.

Quand la pente fait défaut, on peut recourir à l'air comprimé pour opérer le refoulement jusqu'aux bassins de réception, ou bien, au contraire, aspirer par machines le mélange solido-liquide.

Système Waring ; chasses automatiques. — Le réseau qui reçoit les eaux usées est composé de tuyaux en grès vernissé, à joints étanches, de conduites de ventilation et de réservoirs de chasse. La ventilation continue du système est obtenue par un grand nombre de prises d'air et de cheminées s'élevant au-dessus des toits ; aussi chaque branchement particulier communique-t-il sans cesse avec l'égout, sans interposition d'aucun clapet, d'aucun siphon ; on évite ainsi les chances d'engorgement. Nous avons signalé l'application de ce système à Francfort. A l'origine d'amont de chaque égout, un réservoir de chasse se remplit lentement et fonctionne périodiquement ; pour le rendre automatique, il suffit de combiner un flotteur avec chaîne de traction qui soulève le clapet de vidange et le maintienne soulevé pendant un certain temps, lorsque l'eau a atteint dans le réservoir un certain niveau (réservoir Field).

Ce système, qui n'a du reste rien de nouveau, a été appliqué pour la première fois en 1878 à Memphis, ville de 40 000 âmes, que l'absence d'évacuation condamnait à des épidémies constantes. Il fallait faire vite : on laissa les eaux pluviales couler aux ruisseaux et on recueillit les eaux usées dans une conduite collectrice en fonte de 0^m,50 de diamètre, recevant des conduites en grès de 0^m,15 et de 0^m,20. Tous les *raccordements* sont tangentiels et coniques ; nous avons déjà insisté sur cette condition nécessaire d'un bon fonctionnement, trop négligée chez nous. Il y a 7 000 branchements particuliers formant ventilation, 180 réservoirs de chasse système Field de chacun 500 litres de capacité, distants d'environ 400 mètres l'un de l'autre. L'installation a été rapide et économique ; elle a donné lieu, la première année, à quelques engorgements. Les pentes sont généralement fortes et ne tombent pas au-dessous de 0,005 ; le collecteur débouche dans le Mississipi.

Un essai du système a été fait à Paris sur une échelle restreinte pour desservir des établissements publics : écoles et marchés. On a constaté dans les immeubles d'assez fréquentes obstructions dues à l'incurie des usagers, à la projection de corps durs et encombrants.

Appareil mobile de chasse pour égouts. — On emploie en Belgique et en Amérique, New-Haven par exemple, un appareil de chasse, de 3 mètres cubes de capacité, monté sur chariot, très utile pour le curage de petits égouts. L'appareil se remplit aux bouches sous trottoirs et se vide en quelques secondes par un tuyau en toile qui s'engage dans des cheminées de curage, portant un tube vertical qui se recourbe horizontalement dans la conduite à nettoyer. La chasse pousse devant elle une boule en bois de pin recouverte de caoutchouc,

d'un diamètre inférieur de 0^m,05 à celui de la conduite, reliée à un dévidoir par une cordelle. Une équipe de 4 hommes et 3 chevaux arrive à nettoyer 6 et 8 kilomètres de conduite par jour.

Système Shone ; air comprimé. — Le système Shone est basé comme le précédent sur l'emploi de conduites de petit diamètre avec réservoirs de chasse à l'amont. Les produits sont reçus dans des réservoirs métalliques souterrains, logés dans des chambres, par exemple au carrefour de plusieurs rues ; quand la hauteur d'emmagasinement est suffisante, un flotteur ouvre automatiquement l'admission de l'air comprimé, et le liquide est refoulé dans une conduite spéciale jusqu'aux bassins de réception.

Une ventilation abondante est assurée et peut même être rendue périodiquement très énergique pour une injection d'air comprimé dans des conduites verticales d'aération.

Le système Shone a reçu quelques applications en Angleterre ; on en a proposé l'emploi pour Toulon, mais, en somme, il ne s'est pas propagé. Il a l'avantage de supprimer l'emploi des pompes, toujours délicat avec un liquide chargé de matières solides ; ce mélange est uniquement chassé par un piston d'air comprimé. Celui-ci est fourni par une usine centrale. Le seul appareil délicat de l'ensemble est le petit distributeur automatique qui donne l'air comprimé aux réservoirs appelés éjecteurs hydropneumatiques.

Système Berlier ; air raréfié. — Dans le système Berlier, les eaux-vannes et ménagères sont reçues dans un réservoir placé dans le sous-sol de chaque maison ; un panier à grillage logé dans ce réservoir retient les papiers, les matières solides ; une manivelle permet d'imprimer à ce panier un mouvement qui dilue et fait passer toutes les matières susceptibles de fractionnement, mais il faut de temps en temps venir enlever les autres. Les eaux, avec les matières diluées et entraînées, passent dans un second réservoir à clapet automobile. Ce réservoir est en communication avec le réseau des conduites dans lequel une machine d'aspiration maintient constamment une pression réduite ; le liquide est donc aspiré jusqu'aux réservoirs des usines de refoulement (*fig. 7, pl. 27*).

Cet ingénieux système pourrait trouver sa place dans une ville neuve ; mais il semble naturel de préférer à tout un système de machines nombreuses, grandes et petites, l'abduction par la gravité, lorsqu'elle est possible et lorsque l'on dispose, comme à Paris, d'un admirable réseau d'égouts.

Conclusion sur les systèmes séparés. — Durand-Claye était l'adversaire des systèmes séparés, en tant du moins que procédé général, et basait son opinion sur les raisons suivantes :

1° Il ne faut pas considérer comme inoffensives et comme relativement pures les eaux pluviales recueillies par les toits, les cours et les rues. L'analyse bactériologique a montré que l'eau des caniveaux de Paris était aussi chargée que celle des collecteurs ;

2° L'intégralité des eaux pluviales ne peut s'écouler superficiellement ; dans les villes dépourvues d'égouts, on voit au moindre orage des points bas inondés, des rues recouvertes par les eaux, des caves envahies. L'ancien Paris présentait cet inconvénient au plus haut point. Le système de conduites spéciales pour les eaux usées ne dispense donc pas de l'établissement d'égouts qui, étant suffisants pour les eaux pluviales, peuvent recevoir par surcroît les eaux usées ;

3° Le système séparé ne dispense pas de la mise en communication permanente des égouts et de l'atmosphère ; au contraire, une ventilation et une aération énergiques sont exigées dans les divers systèmes séparés, et on se préoccupe d'y établir une communication constante et continue avec l'atmosphère. Il est difficile d'échapper à cette obligation, car l'écoulement est loin d'être continu, même dans les conduites de petit diamètre ; certaines parties restent la plupart du temps soit vides, soit incomplètement remplies, et il faut que l'air puisse y accéder. Cette situation favorise l'adhérence des matières sur les parois et le pullulement des microbes et exige l'usage fréquent de chasses puissantes ;

4° Les combinaisons mécaniques, plus ou moins automatiques, sont toujours exposées à des accidents, à des arrêts : « L'assainissement d'une ville ne doit pas être suspendu parce qu'un levier ou un contre-poids fonctionnent mal, parce qu'un tuyau se brise ou s'obstrue.

Durand-Claye rejette donc le système séparé et veut le mélange des eaux usées et des eaux pluviales ; mais il retient du système Waring la substitution des conduites aux égouts de dernier ordre et l'application des chasses qui est le corollaire obligé de l'adoption des tuyaux de diamètre réduit.

La conclusion précédente nous paraît bien fondée pour une ville comme Paris, déjà dotée d'un réseau grandiose de circulation souterraine ; mais il nous semble qu'on aurait tort de l'étendre à des villes secondaires.

L'eau des toits et des rues n'y est pas sérieusement contaminée ; du moment où les eaux ménagères n'iraient plus à la voie publique, et où l'enlèvement journalier des ordures s'effectuerait avec soin, les eaux pluviales n'ont plus à entraîner que les déjections déposées par

les animaux sur la voie publique. Elles peuvent donc continuer à se rendre aux rivières suivant la loi naturelle et, pour éviter les inondations, il suffirait d'établir en certains points bas des aqueducs, de grands tuyaux en béton aggloméré dont le prix a beaucoup diminué.

Quant aux eaux usées, elles seraient recueillies par un réseau de conduites circulaires convenablement calculé : leur volume journalier ne dépasse point une fois et demie le volume de l'eau distribuée, encore faudrait-il distraire la partie de ce volume affectée aux usages publics. Comptons cependant 150 litres par tête pour une ville de 20 000 habitants, cela fait 3 000 mètres cubes par jour ; répartis sur dix heures, ils correspondent à un débit de 83 litres par seconde. Fallût-il, à cause du défaut de pente, élever ce volume à 10 mètres de hauteur pour l'envoyer à des champs d'irrigation ou à des bassins de traitement, cela n'exigerait qu'une machine de 11 chevaux-vapeur. Mais, généralement, on pourra, par la gravité, conduire les eaux à une distance suffisante de la ville et les recevoir soit dans des bassins de décantation et dans des usines d'épuration, soit sur des champs d'irrigation. Il y a cependant un inconvénient à signaler : ces eaux usées ne sont pas assez riches pour se prêter au traitement chimique que l'on fait subir aux produits des vidanges, et elles ne sont pas toujours assez diluées pour se prêter aux irrigations de terres plantées ou ensemencées.

ÉPURATION DES EAUX D'ÉGOUTS

Les divers procédés, physiques, mécaniques et chimiques, applicables à la purification des eaux de rivière peuvent être employés aussi à l'épuration des eaux d'égout.

Mais les filtres donnent nécessairement en pareil cas un résultat fort imparfait, puisqu'ils laissent passer les matières dissoutes, au moins en grande partie. L'opération serait, du reste, fort coûteuse, vu la grande quantité de matières solides à enlever.

La *décantation* par séjour dans de vastes bassins n'est elle-même qu'un palliatif, et les bassins doivent être établis loin de toute agglomération.

Épuration chimique. — Nous avons signalé, en parlant de l'assainissement de Francfort-sur-le-Mein, le traitement par un lait de chaux et par le sulfate d'alumine.

Nous trouvons, au sujet du traitement chimique, les observations suivantes dans le rapport publié, en 1875, par la Commission de l'Assainissement de la Seine.

Les eaux d'égout, renfermant des matières minérales ou organiques très diverses, qui leur donnent généralement une réaction alcaline, se prêtent à des opérations chimiques dont elles deviennent un des éléments; si l'on arrive à produire dans leur sein un précipité gélatineux ou floconneux, ce précipité peut tomber au fond de bassins convenablement disposés, entraînant avec soi les matières solides contenues dans le liquide impur et laissant échapper par un déversoir d'aval une eau suffisamment claire. Sur la proposition de M. l'inspecteur général des Mines Le Chatelier, la ville de Paris a fait des essais prolongés et multipliés sur le sulfate d'alumine, qui semblait présenter pour les eaux d'égout des collecteurs des avantages pratiques sur la chaux et autres réactifs préconisés soit en France, soit en Angleterre. Des bassins d'épuration ont été établis au premier champ d'essai qui fonctionnait à Clichy en 1867-1869; d'autres bassins, plus vastes et mieux installés, existent encore dans la plaine de Gennevilliers sur les terrains que possède la ville de Paris. Dans sa tournée du 11 octobre, la Commission a pu voir fonctionner un de ces bassins, et l'eau qui s'en échappait était parfaitement claire. 600 000 à 700 000 mètres cubes d'eau d'égout ont subi, à diverses reprises, ce traitement, et sont sortis clarifiés des bassins. Mais il y aurait une erreur profonde à confondre ces eaux ainsi clarifiées avec des eaux réellement épurées. Le sulfate d'alumine, après s'être décomposé en présence de l'alcalinité des eaux d'égout et avoir donné de l'alumine à l'état de gélatine grenue, effectue simplement une opération mécanique de collage; les matières solides sont entraînées au fond des bassins; les matières dissoutes, y compris les matières organiques fermentescibles, restent dans l'eau claire. C'est ce que l'analyse chimique démontre surabondamment; le tableau suivant donne en effet le résumé d'analyses poursuivies pendant les années 1867-1868 :

	Eau d'égout naturelle	Eau épurée au sulfate d'alumine
Azote	0 ^k 037	0 ^k 021
Matières volatiles et combustibles.....	0,729	0,240
Matières minérales.....	2,038	0,724
TOTAL.....	2 ^k 804	0 ^k 985

L'eau épurée contient donc les deux tiers de l'azote total de l'eau d'égout, et le tiers des matières volatiles ou combustibles, lesquelles sont en grande partie organiques. Ces faits ne sont pas, du reste, particuliers au sulfate d'alumine; le docteur Frankland, chargé par le gouvernement anglais d'une étude générale sur la pollution des rivières, a trouvé, en soumettant à l'analyse les divers réactifs proposés et essayés, qu'ils ne faisaient disparaître en moyenne que les 0,37 de l'azote organique contenu dans les eaux d'égout, laissant dans les eaux clarifiées les 0,63 de ce même azote. Il convient d'ajouter, à la décharge du sulfate d'alumine, qu'il renferme habituellement un excès d'acide sulfurique, que cet acide agit comme un antiseptique pour retarder la fermentation, et que les eaux clarifiées ne présentent plus les décompositions intenses qu'offrait l'eau d'égout à l'état naturel. Mais elles sont encore loin de pouvoir servir aux usages domestiques les plus simples; elles n'ont aucun caractère des eaux potables, et leur introduction dans le fleuve, tout en constituant une amélioration sur l'état actuel, ne saurait être considérée comme absolument inoffensive. D'ailleurs, appliqué en grand, le procédé laisserait des masses énormes de dépôts boueux dans les bassins: on se rappelle que le cube annuel des vases d'égout n'est pas inférieur à 200 000 mètres cubes. Se représente-

t-on cette quantité énorme, séchant sur plusieurs hectares de superficie, maniée ensuite pour être chargée soit sur des voitures, soit en bateau? Ces dépôts ont-ils, du reste, une forte valeur agricole? Aucunement: ils dosent aux 1 000 kilogrammes 6 à 8 kilogrammes seulement d'azote perdus dans une masse de matières minérales ou terreuses; une longue pratique a montré que ces dépôts ont la valeur agricole des terreaux de bonne qualité ou de la gadoue consommée, produits avec lesquels ils ont la plus grande similitude. La valeur vénale de ces engrais ne dépasse guère, rendus à pied d'œuvre, 6 à 8 francs la tonne. Or, que coûterait cette même tonne de résidus des bassins? En réactifs seuls, elle aurait absorbé, pour sa production, 8 à 10 francs, c'est-à-dire tout ce qu'elle vaut, sans même compter les frais d'élévation des eaux, la manipulation des dépôts, leur transport, etc., opérations qui augmenteraient encore la dépense dans de notables proportions. La question financière suffirait à elle seule pour empêcher de songer sérieusement à l'application du système à la totalité des eaux d'égout. La longue expérience de la ville de Paris ne permet pas d'espérer une dépense d'épuration inférieure à 1 centime par mètre cube traité; ce serait donc par an une dépense de 1 million de francs pour les 100 millions de mètres cubes vomis par les collecteurs, rien qu'en réactifs. Il resterait à ajouter tous les autres frais, élévation des eaux, etc. Une pareille dépense est absolument hors de proportion avec le résultat imparfait obtenu.

La Commission, à l'unanimité de ses membres, a donc été d'avis que l'épuration par les procédés chimiques ne pouvait constituer une solution générale et pratique de la question. Elle ne peut lui donner un autre caractère que celui d'un palliatif cher et imparfait. »

Nous dirons en terminant que le sulfate d'alumine a été seul appliqué en grand à cause de son bas prix et aussi parce qu'il donne un résidu inoffensif. Mais il est clair qu'on pourrait recourir à tous les oxydants et même aux antiseptiques: chlore et ses composés, permanganates, sels de fer, acide phénique, créosote, goudron, etc. Le *sulfate ferrique*, fabriqué par les établissements Kuhlmann de Lille, se vend environ 0^{fr},05 le kilogramme, et voici, d'après les fabricants, comment il doit être employé.

« Il doit être surtout recommandé pour l'épuration des eaux des *amidonneries*, des *féculeries*, des *distilleries*, des *fabriques de sucre*, des *brasseries*, des *fabriques de levure*, de *colle*, de *gélatine*, des *papeteries*, des *teintureries*, des *tanneries*, des *lavages de laines*, des *abattoirs*, des *dépotoirs*, etc., etc.

Le sulfate ferrique est en outre un désinfectant et un antiseptique énergique; il réunit toutes les qualités des réactifs et des préparations proposées jusqu'ici dans ce but. C'est le plus *commode* et le *moins cher des désinfectants* connus, il n'a *aucune odeur*, il est d'un *maniement facile* et *sans danger*, n'étant ni *corrosif*, ni *toxique*.

Nous signalerons aussi comme une des qualités précieuses de ce produit son *inaltérabilité*, permettant sa conservation indéfinie sans aucun affaiblissement de ses qualités antiseptiques.

C'est un avantage qu'il a sur le chlorure de chaux, le plus employé des antiseptiques.

Le sulfate de fer du commerce (sulfate ferreux) qu'on pourrait opposer comme prix au sulfate ferrique, est loin de présenter les mêmes avantages, car le protoxyde de fer qu'il fournit n'a pas les propriétés supérieures du peroxyde de fer, qui est

l'agent actif du sulfate ferrique. — Ce dernier, à cause de ses propriétés oxydantes, arrête la putréfaction, ce que ne fait pas le sulfate ferreux.

La désinfection en grand, difficilement réalisable jusqu'à présent, devient, avec le sulfate ferrique, tout à fait pratique.

Les lavages, avec une dissolution plus ou moins concentrée de sulfate ferrique sont indiqués pour l'assainissement des *Casernes, Hospices, Hôpitaux, Écoles, Théâtres, Halles et Marchés, Prisons, Voies publiques, Urinoirs, W.-C., Étables, Écuries, etc., etc.*

Selon les cas, nous conseillons d'employer le sulfate ferrique sous forme de poudre, de solution ou de briquettes.

Sulfate ferrique en poudre. — Le sulfate ferrique peut être répandu en poudre dans tous les endroits où séjournent des déjections, des matières organiques en voie de décomposition (fumiers, immondices, débris d'animaux, tas de boues, vases, etc.). On détruit ainsi les germes organisés qu'elles renferment, on arrête la putréfaction et on évite tout danger de contamination.

On peut aussi, dans le même but, en saupoudrer les fosses d'aisances, les urinoirs publics, le sol des abattoirs, étables, écuries, l'intérieur des véhicules employés à transporter les immondices, etc., etc.

Sulfate ferrique en solutions. — On prépare ces solutions en faisant dissoudre dans l'eau du sulfate ferrique en poudre; nous recommandons d'employer à cette préparation des vases en bois ou en terre.

A. Nous conseillons l'emploi d'une solution assez concentrée (10 kilogrammes de sulfate ferrique par hectolitre, ou pratiquement 1 kilogramme dans un seau d'eau) quand on veut désinfecter des amas de produits putréfiés : fosses d'aisances, urinoirs, ou procéder au lavage des camions, wagons, bateaux, servant au transport des vidanges, équarrissages d'animaux, etc.

B. Pour l'usage courant : lavage des pavés, carrelage dans les habitations, casernes, écoles, hôpitaux, arrosage des voies publiques, halles et marchés, ateliers etc., c'est-à-dire dans tous les cas où l'on aura, non pas à arrêter une infection déjà intense, mais simplement à prévenir tout développement de germes pernicieux, une solution dix fois moindre suffira (soit 1 kilogramme de sulfate en poudre par hectolitre).

Briquettes de sulfate ferrique. — C'est la forme qui convient le mieux lorsque l'on veut obtenir une action lente et continue du sulfate ferrique tout en réduisant la consommation au strict nécessaire. Sous cette forme, en effet, le sel a peu de contact avec l'eau; il ne se dissout que très lentement; par suite, son action est durable et l'emploi très économique. »

Emploi de l'huile dans les urinoirs. — L'urine, qui contient 32 grammes de matières organiques par kilogramme, se putréfie rapidement; les carbonate et sulfate d'ammoniaque se développent dans les urinoirs et dégagent des émanations insalubres, qu'augmentent les incrustations et les dépôts si abondants dans les urinoirs mal tenus.

Un lavage continu, qui consomme 200 à 400 litres d'eau par stalle et par heure, atténue le mal, mais ne le détruit pas, et il faut toujours recourir à des désinfectants; l'usage du chlorure de chaux est général pour cet objet. On estime qu'à Paris les 15 600 stalles absorbent 112 000 mètres cubes d'eau de rivière par jour; en s'en tenant aux chiffres les plus modérés, il faut compter une consommation de 2^m,500

à 3 mètres cubes par stalle et par jour pour un résultat insuffisant. On a diminué beaucoup l'infection en imprégnant les dalles d'ardoises avec de l'huile lourde de houille appliquée à la brosse sur les surfaces d'abord décapées avec une solution d'acide chlorhydrique, puis essuyées et séchées.

L'afflux d'eau sur l'ardoise est supprimé à Vienne; M. Beetz a fait en grand l'essai de son système. Il compose les stalles avec des plaques disposées en chevron et inclinées à 70°, ce qui évite les jaillissements produits par le jet d'urine lorsqu'il frappe normalement. Il fait usage d'une huile lourde, résidu de la distillation du pétrole et du goudron, ne se saponifiant pas, ne se congelant pas, et il y ajoute une solution dosée de bichlorure de mercure ou sublimé. Il donne à cette huile le nom d'urinol; on l'applique au pinceau, sur les parois, et on en remplit un siphon, placé sur le tuyau d'écoulement de la stalle, siphon que l'urine traverse et qui interrompt la communication avec l'égout.

La consommation d'huile serait de 5 à 10 kilogrammes par stalle et par an.

On éviterait l'obstruction par les glaces, et le développement des mouches malsaines, l'emploi des chlorures.

Procédé Howatson. — Le procédé Howatson, dont nous avons déjà parlé, a donné lieu, en vue de son application aux égouts de Rouen, à une étude approfondie de la part du Comité consultatif d'Hygiène de France et à un rapport de M. le professeur Pouchet, qui s'exprime ainsi :

« Le traitement des eaux d'égout par le procédé *Howatson* n'est pas présenté par ses inventeurs comme capable de transformer l'eau d'égout en eau potable et de débarrasser entièrement cette eau des germes microbiens, nuisibles, ou non, qu'elle renferme. Le but de ce procédé consiste à clarifier l'eau d'égout, à la désodoriser, à diminuer dans une proportion considérable les germes vivants et les matières organiques altérables et fermentescibles qu'elle contient, de manière qu'il ne s'écoule des appareils que des liquides limpides, inodores et suffisamment épurés pour que l'on puisse, sans inconvénient, les rejeter dans les cours d'eau.

Le procédé *Howatson* consiste dans l'addition aux eaux d'égout d'un produit appelé *ferozone* constitué principalement par un mélange de sulfates de fer et d'aluminium dont les proportions varient suivant la nature et la provenance de l'eau à épurer. Ce mélange de sulfates métalliques entre dans la composition du *ferozone* pour une proportion de 30 à 50 0/0. Les dépôts formés par le mélange du *ferozone* à l'eau qu'il s'agit d'épurer sont passés dans des filtres-presses et utilisés comme engrais, tandis que l'eau décantée traverse un filtre constitué par deux couches de silice concassée entre lesquelles se trouve un produit minéral appelé *polarite* présentant la composition suivante, en moyenne :

Oxyde de fer magnétique.....	54
Silice.....	25
Chaux.....	2
Alumine.....	6
Magnésie.....	7
Alcalis.....	6

Ce produit détermine l'oxydation des matières organiques en dissolution ou en suspension dans l'eau et les transforme en acides carbonique et nitrique ; il achève en quelque sorte l'oxydation déjà opérée par le ferozone. »

D'un grand nombre d'analyses, il résulte que l'épuration des eaux d'égouts s'effectue par ce procédé dans une proportion considérable, atteignant toujours au moins 80 0/0.

A Huddersfield on épure 22 500 mètres cubes par jour pour 0^{fr},017 le mètre cube.

Les expériences suivies par M. Pouchet à la maison municipale de Nanterre près Paris ont montré que, « quel que soit le degré de pollution de l'eau, l'épuration en a été effectuée non d'une façon absolue, mais du moins dans une proportion telle que l'écoulement d'un semblable liquide dans un cours d'eau ne saurait avoir aucun inconvénient ». Le procédé nouveau réalise un progrès évident sur les anciens procédés chimiques d'épuration.

Épuration chimique à Londres. — Elle se pratique par l'action combinée de la chaux et du sulfate de fer et les produits solides obtenus sont transportés en mer à 80 kilomètres de la côte ; ce transport par navires spéciaux revient à 0^{fr},35 par tonne de matière solide.

Les deux usines de Barking et de Crossness ont coûté 21 millions de francs, et le matériel de transport 3 millions et demi ; il y a 6 bateaux qui effectuent 2 170 voyages par an.

On traite par an 346 millions de mètres cubes d'eau ; on emploie 22 000 tonnes de chaux et 5 100 tonnes de sulfate de fer ; le poids des matières précipitées est de 2 200 000 tonnes, et la dépense d'exploitation et de transport est de 4 millions.

Voici les résultats par mètre cube d'eau d'égout ;

Chaux consommée.....	0 ^{kg} ,064
Sulfate de fer.....	0 015
Poids de la boue précipitée.....	6 400
Intérêt et amortissement du capital.....	0 ^{fr} ,0036
Dépense des matières actives.....	0 004
— du traitement.....	0 0052
— du transport.....	0 0022
— totale de l'épuration.....	0 013

A Richmond, les eaux d'égout sont traitées par un lait de chaux puis par un mélange de sulfate d'alumine et de charbon ; on les clarifie et on les filtre sur un lit de terre végétale, gravier, sable et charbon ; l'eau purifiée va à la Tamise. Les boues sont comprimées en briquettes et expédiées comme engrais. — L'usine traite 22 500 mètres cubes par jour.

Épuration électrique. — Nous avons signalé déjà l'épuration électrique et l'épuration par l'ozone des eaux d'alimentation. Le même système a été appliqué aux eaux d'égout.

En Angleterre, M. Webster place les électrodes dans le liquide à épurer et y fait passer un courant continu produit par les dynamos de l'usine. Le gaz oxydant produit par la décomposition de l'eau sillonne la masse de bulles qui font remonter les impuretés à la surface ; en agitant, on fait retomber au fond toute la masse solide et on obtient un résidu que l'agriculture utilise, tandis que l'eau purifiée s'en va à la rivière. L'avantage du système par rapport à l'épuration chimique est que l'on a à recueillir et à transporter seulement les impuretés sans addition de matières étrangères.

En France, M. Hermite fait passer le courant électrique dans une dissolution de chlorure de magnésium ; le chlore et l'oxygène, qui se rendent au pôle positif, constituent un comburant énergique, et l'oxyde qui se dépose au pôle négatif agit comme précipitant. On peut même employer simplement le sel marin.

Le sel marin donne du carbonate de soude comme sous-produit.

La décomposition d'une tonne de sel marin absorberait 600 000 ampères, dépense 81 francs, et la vente du carbonate produirait 110 fr., d'après M. Hargreaves.

Épuration agricole. — Nous avons signalé plus haut le système de l'épuration agricole, tel qu'il est pratiqué à Berlin ; il nous reste à indiquer l'application de ce même système en cours d'exécution pour les égouts de Paris.

Il est bon de rappeler tout d'abord qu'il a reçu ailleurs, en France et à l'Étranger, de nombreuses applications dont quelques-unes déjà anciennes.

Les *Marcites* de Milan tirent leur fertilité des irrigations faites avec les eaux de la rivière qui reçoit les égouts de Milan et qui sont employées à la dose de 100 000 mètres cubes par hectare et par an. A Édimbourg, les eaux d'égout s'en allaient à la mer, ce sont les cultivateurs eux-mêmes qui les ont détournées sur des prairies d'une végétation superbe qui absorbent jusqu'à 50 000 mètres cubes par

hectare et par an. Il y a aujourd'hui, en Angleterre, 150 villes qui ont suivi cet exemple, même des villes de villégiature et de luxe. En Allemagne, les eaux d'égout de Dantzig sont refoulées par une machine à vapeur, non dans la mer qui est proche, mais sur des champs très perméables qui absorbent 50 000 à 80 000 mètres cubes par hectare et par an. En France même, l'utilisation agricole des eaux d'égout fonctionne en un assez grand nombre de villes, d'une façon plus ou moins réglementée; nous citerons parmi les centres les plus importants : Reims, Perpignan, Saint-Étienne.

Breslau, ville de 330 000 habitants, épure ses eaux d'égout en irriguant un domaine de 670 hectares, dont le revenu annuel est de 80 000 francs. Il est vrai que le refoulement se fait à petite distance : la conduite n'a que 700 mètres de long et la hauteur d'élévation n'est que de 6^m,50. La dépense ne revient qu'à 0^{fr},55 par tête et par an, tout compris.

ÉPURATION AGRICOLE DE L'EAU DES ÉGOUTS DE PARIS ORGANISATION DU TOUT A L'ÉGOUT

Infection de la Seine. — Depuis que les égouts de Paris sont arrivés à leur plein fonctionnement et qu'ils entraînent toutes les eaux usées avec une grande partie des déjections, la Seine, à l'aval du collecteur d'Asnières, est devenue un cloaque.

A Meulan, à 70 kilomètres du collecteur, nous nous rappelons qu'il y a quarante ans l'eau était encore pure et limpide au cœur de l'été; aujourd'hui, on n'ose plus s'y baigner au mois d'août, la masse est noirâtre, la surface huileuse et marbrée; chaque coup d'aviron fait sortir de l'eau des bulles abondantes; peut-être les barrages créés pour la navigation ont-ils augmenté le mal en ralentissant le courant et en favorisant les dépôts.

Au-dessus de Corbeil, l'eau de la Seine est agréable et transparente; de Corbeil à Paris, elle se corrompt déjà, mais conserve encore 9 centimètres cubes d'oxygène par litre. La corruption s'accroît à la traversée de Paris, mais d'une manière légère, et le cours du fleuve y est assurément plus beau et plus agréable qu'autrefois. Mais, à partir du grand collecteur, il devient un égout à ciel ouvert; voici la situation telle que l'exposait M. Bourneville à la Chambre des députés en 1885 :

Les eaux sont troubles, colorées et recouvertes d'écume d'aspect grasseux. L'azote y atteint 25 grammes par mètre cube; l'oxygène disparaît presque complè-

tement absorbé par la matière organique en pleine décomposition. Le nombre des microbes est de 200 000 par centimètre cube.

Une fermentation continuelle pendant l'été fait bouillonner les eaux du fleuve ramène les immondices du fond vers la surface, et dégage du gaz des marais souvent sous la forme de bulles énormes atteignant parfois 1 mètre de diamètre. Les sables blancs, les algues vertes et les mollusques que l'on observe à la pointe de l'île de la Grande-Jatte, en amont du collecteur d'Asnières, disparaissent en aval, dès que les eaux de la Seine se trouvent mélangées avec celles de l'égout. La rive est enduite d'un dépôt noirâtre; le poisson fuit cette partie du courant et se réfugie sur l'autre rive du fleuve, échappant ainsi à l'empoisonnement dont il est menacé. Les masses solides de sables et autres corps pesants forment aux embouchures des collecteurs des bancs énormes de vase noire et infecte, dont l'épaisseur varie entre 65 centimètres et 3 mètres, qui s'étendent depuis les collecteurs jusqu'à Marly, et qu'on est obligé d'enlever à la drague, afin d'éviter l'obstruction du lit de la Seine. En 1884, le service de la navigation a dû extraire plus de 125 000 mètres cubes de ces masses fétides, dont on ne sait que faire; l'État et la ville de Paris ont dépensé de ce chef une somme de 110 000 francs. Les ouvriers chargés de ce pénible travail éprouvent parfois des malaises graves, et même, dit-on, des accès de fièvre qui les forcent à interrompre momentanément leur travail.

Les cultivateurs refusent ces sables, parce qu'ils ne sont pas assez riches en engrais pour être fertilisants; on les a employés pour relever les berges de la Seine du côté d'Asnières et dans l'île Saint-Denis.

Cet emploi, dit M. F. Boudet, me paraît offrir des inconvénients; ces sables, étant noirs et chargés de matières organiques en décomposition, altèrent l'eau de la Seine, quand ils y restent, et deviennent un foyer d'émanations insalubres dès qu'ils émergent et se trouvent exposés à l'action de l'air et de la chaleur.

A Saint-Denis, l'infection s'accroît encore par la réception des eaux industrielles et des eaux-vannes de Bondy que débite le collecteur départemental.

En effet, ce collecteur reçoit les liquides provenant des vidanges, soit par les exutoires du marais excrémental de Bondy, pour employer les expressions significatives de MM. Schlœsing et Bérard, soit par ceux des usines fabriquant les sels ammoniacaux, usines si nombreuses aux environs de Saint-Denis. Ces dernières n'enlevant aux eaux vannes que la matière la plus inoffensive, l'ammoniaque tout formé, les rejettent ensuite dans le fleuve encore chargées de leurs éléments les plus infects.

Plus bas, le fleuve continue à être tapissé de vase noirâtre; la vie animale s'est retirée de ses eaux et la végétation abandonne ses bords.

C'est dans cet état qu'il entre à Argenteuil dans le département de Seine-et-Oise; le barrage de Bezons reporte sur la rive gauche l'afflux des eaux infectes, et les abords de l'écluse de Bougival présentent l'aspect le plus affligeant au cours de l'été.

A Marly, le mètre cube renferme plus de 3 grammes d'azote, le litre n'a pas encore repris 2 centimètres cubes d'oxygène, le centimètre cube renferme encore une population de 150 000 microbes. C'est cette eau, chargée de détritits infects, qui est montée par la machine de Marly, c'est cette eau qui roule sous la magnifique terrasse de Saint-Germain. Les populations du département de Seine-et-Oise ont un intérêt évident à encourager toute tentative faite pour améliorer cet état de choses. Au-delà de Saint-Germain, la situation s'améliore peu à peu, mais bien lentement. A Maisons-Laffite, il y a encore 2^{sr},5 d'azote au mètre cube et 3^{sr},7 d'oxygène seulement au litre. A Poissy, l'azote est de 2^{sr},2, l'oxygène de 6 centimètres cubes.

A Mantes, l'amélioration s'accroît, mais le mètre cube accuse encore 1^{er},4 d'azote, et l'oxygène n'a pas repris le taux de 9 centimètres cubes qu'il avait à Corbeil. L'infection se fait donc encore sentir en ce point, à 86 kilomètres du débouché du grand collecteur; elle semble s'accroître en s'avancant chaque année vers l'aval. M. Gérardin estime cet avancement à 40 kilomètres environ par an et déduit de ses dosages chimétriques que la limite d'infection, qui était en 1874-1875, au barrage de Mézy, à 73 kilomètres du collecteur, avait atteint, dès 1880, le barrage de Port-Villé, à 123 kilomètres.

Mécanisme et importance de l'épuration par le sol. —

Le mécanisme de l'épuration par le sol est nettement indiqué dans le rapport de M. Schlœsing au Congrès de 1878. On comprend bien comment les matières solides sont arrêtées par la terre à une profondeur plus ou moins grande suivant leur grosseur, mais la théorie de la nitrification des matières organiques, due à MM. Müntz et Schlœsing, a seul permis d'expliquer l'épuration chimique de l'eau et la propriété de la terre végétale de brûler les matières organiques.

Les matières humiques, qui existent dans tous les sols sous des doses très variées, ne sont point indispensables pour la manifestation de cette propriété : en effet, quand on arrose régulièrement avec de l'eau d'égout du sable quartzeux calciné au rouge, c'est-à-dire dépouillé de toute trace de substance organique, on peut obtenir la combustion totale des impuretés et la nitrification complète de l'azote, si la dose journalière versée sur le sable est telle que le liquide mette huit jours à en parcourir l'épaisseur.

Mais la nitrification opérée dans ces conditions est arrêtée absolument lorsqu'on introduit dans le sable de la vapeur de chloroforme. Or, M. Müntz a démontré que cet anesthésique paralyse tous les organismes fonctionnant comme ferments : les levures, le mycoderma aceti, les vibrions des fermentations putrides, etc. Il devient donc extrêmement probable que la nitrification peut être corrélatrice de la vie d'organismes capables, comme le mycoderma aceti et autres, dont M. Pasteur a si bien défini les fonctions, de transporter l'oxygène de l'air sur les matières organiques les plus diverses.

L'eau d'égout est assez riche en matières organiques ou minérales pour nourrir les organismes chargés de l'épurer, sans le secours de la matière humique des sols; c'est pourquoi le sable calciné peut remplacer la terre végétale pour épurer l'eau d'égout.

L'épuration par le sable ne s'établit pas dès le premier jour de l'irrigation. Les germes des organismes nitrificateurs ne se trouvant pas dans le milieu, il faut d'abord qu'ils y soient apportés et qu'ils s'y développent en quantité suffisante : ce n'est, d'ordinaire, qu'après quelques semaines que l'épuration se produit. Dans la terre végétale, elle commence immédiatement, parce que les organismes sont en pleine possession du terrain. Mais, à cette différence près, un sable convenablement accessible à l'air doit valoir la terre la plus riche en humus, au point de vue spécial à l'épuration.

Cette théorie n'exclut pas évidemment la possibilité de la nitrification par la combustion lente, opérée par l'oxygène, sous l'action des seules forces physiques ou chimiques, et sans l'intermédiaire de la vie.

L'opération demande à être conduite avec méthode en se réglant sur les principes qui suivent :

Entretenir le plus possible l'aération du sol; distribuer l'eau régulièrement, c'est-à-dire en même quantité et à des intervalles de temps égaux, de manière que sa descente à travers le sol dure au moins le temps voulu pour son épuration; prendre, quand cela est nécessaire, des dispositions pour l'évacuation de l'eau, afin de ne jamais l'accumuler dans le sol: telles sont les conditions d'une bonne épuration.

Ce pouvoir doit être toujours déterminé par une expérience directe. C'est au Dr Frankland qu'on doit la méthode usitée en pareil cas.

Un tube vertical de 25 à 30 centimètres de diamètre sur 2 mètres de long, et dont l'extrémité inférieure s'appuie sur du gravier contenu dans un bassin, est rempli avec la terre dont il s'agit de reconnaître le pouvoir. Chaque jour, on verse sur la terre un volume connu et constant d'eau d'égout, et on continue le même régime pendant plusieurs semaines; puis on passe à une dose journalière d'eau d'égout plus élevée, et on la maintient encore pendant plusieurs semaines, et ainsi de suite, en augmentant toujours la dose, jusqu'à ce que l'analyse des liquides filtrés annonce qu'on a atteint la dose maxima à partir de laquelle l'épuration est imparfaite. La capacité du tube étant d'ailleurs connue, on calcule sans peine la dose correspondant à 1 mètre cube de terre. M. Frankland a montré ainsi que :

1 mètre de sable épure par jour 25 et même 35 litres d'eau d'égout de Londres.

1 mètre de sable mêlé de craie épure par jour 25 et même 33 litres d'eau d'égout de Londres.

Des terres sableuses, argileuses, tourbeuses, lui ont fourni des résultats égaux ou supérieurs. Dans des essais de ce genre, il importe que la terre mise en expérience représente fidèlement le sol dont il s'agit de mesurer le pouvoir épurateur. Or, le plus souvent, ce sol n'est pas homogène, il se compose de plusieurs couches de composition différente. Il faut que chacune de ces couches occupe sa place dans l'appareil, comme si l'on avait découpé dans toute l'épaisseur du sol un cylindre de terre vertical et qu'on l'eût transporté dans un tube.

Quand l'expérience a appris combien de litres d'eau peuvent être épurés par un mètre cube de terre, on en déduit sans peine les données qu'il importe de posséder, savoir: la quantité d'eau que 1 hectare peut recevoir par jour ou par an, et le temps pendant lequel l'eau demeure suspendue dans le sol, c'est-à-dire le temps nécessaire pour l'épuration.

Par exemple, 1 mètre cube de sable épure par jour, dans les expériences de M. Frankland, 25 litres d'eau d'égout de Londres.

Donc, dans un sol pareil, ayant 2 mètres d'épaisseur, chaque mètre superficiel pourra recevoir 56 litres d'eau par jour, soit, pour 1 hectare, 500 mètres cubes par jour et 180 000 mètres cubes par an.

D'autre part, soit 150 litres la quantité d'eau que 1 mètre cube du sol égoutté peut retenir (ce nombre est facile à déterminer expérimentalement, en pesant le tube plein de terre sèche avant l'introduction de l'eau et le repasant de nouveau après mouillage et égouttage).

Puisque 1 mètre épure par jour 25 litres,

Et qu'il en retient suspendu 150,

L'eau y demeure $150/25 = 6$ jours.

Tel est le temps strictement suffisant pour l'épuration, dans le cas présent.

Autre exemple :

Les ingénieurs de la ville de Paris ont fait passer journellement 10 litres d'eau

d'égout sur 1 280 litres de terre de Gennevilliers, formant dans une caisse un prisme de 3 mètres de haut sur 0^m,80 de large. — L'épuration a été complète.

Ces 10 litres par jour donnés à 1 280 litres de terre représentent :

7^l,81 par jour donnés à 1 mètre cube.

Soit 15^l,6 à chaque mètre superficiel d'un sol pareil ayant 2 mètres de profondeur. — Soit 156 mètres cubes par jour à 1 hectare. — Soit 57 000 mètres cubes par an à 1 hectare.

Quel est le temps employé par l'eau à parcourir les 2 mètres de hauteur du sol ?

A 1 mètre superficiel correspondent 2 mètres de terre retenant 300 litres et chaque mètre superficiel reçoit par jour 15^{lit},6.

Temps : 300/15, 6 ou 19 jours.

Ainsi, on peut admettre au moins une consommation de 57 000 mètres cubes par hectare et par an pour le sol de Gennevilliers.

OBSTRUCTION POSSIBLE DU SOL

Quant à l'obstruction du sol par les matières organiques des eaux d'égout, l'analyse est fort rassurante : dans les sous-sols irrigués, la matière humique est, en définitive, en très faible quantité. On ne voit pas pourquoi, d'ailleurs, les matières solubles des eaux d'égout déposeraient des résidus encombrants dans le sous-sol, quand aucun engrais organique, soluble ou solubilisé en partie par la décomposition, ne produit un semblable effet. Il n'y a pas d'exemple d'une terre arable perméable, rendue imperméable par de copieuses fumures, parce que l'oxydation des débris organiques se proportionne dans le sol à leur abondance, et qu'il se fait un équilibre entre la quantité enfouie annuellement et l'intensité de la combustion ; si fortes que soient les doses de fumier, la consommation finit par égaler l'apport, la sortie devient égale à l'entrée ; c'est ce qu'on observe dans les terres de jardin. Mais cet équilibre suppose que l'air a dans le sol un accès suffisant ; sinon l'obstruction par la matière organique peut survenir ; on en trouve un bien remarquable exemple dans le département des Landes : le terrain y est essentiellement poreux, mais souvent noyé, et, par conséquent, privé d'air ; l'oxydation de l'humus est alors arrêtée. La matière organique brune, provenant de l'oxydation des végétaux, demeure dans le sable, s'y accumule et finit par le cimenter ; c'est ainsi qu'on explique la formation de l'alias, banc imperméable bien connu, constitué simplement par du sable et de la matière humique.

Rien de tel n'est à craindre dans un terrain poreux, quand l'évacuation des eaux est assurée naturellement ou par un drainage artificiel. Les expériences de MM. Dawes et Gilbert sur la fertilisation des terres par l'eau d'égout montrent, au contraire, que les irrigations ne modifient guère le degré de richesse du sol ; il en est de même du nitrate de soude, du sulfate d'ammoniaque, etc. L'engrais agit vite ; mais, quand son action est épuisée, il n'en reste rien, de même, les principes des eaux d'égout ont sur la végétation une action immédiate ; mais, quand l'irrigation est suspendue, la terre reprend son état primitif.

Influence des irrigations à l'eau d'égout sur la nappe souterraine. — Cette influence a été étudiée avec soin par la Commission technique de 1874, qui a présenté les observations suivantes :

Les terrains de Gennevilliers, dit-elle, sont formés d'une vaste couche d'alluvion de 7 à 10 mètres d'épaisseur, contournée par la Seine ; cette alluvion est composée

de sables et cailloux recouverts d'une couche généralement mince de terre végétale. C'est au-dessous de cette masse perméable que règnent les couches qui arrêtent les eaux d'infiltration. Celles-ci forment une vaste nappe souterraine descendant des hauteurs du Mont-Valérien et de Buzenval vers la Seine et se tenant entre 2 et 4 mètres au-dessous de la surface du sol. La plaine de Gennevilliers constitue donc un immense filtre naturel, éminemment propre à absorber et purifier les eaux impures.

La Commission a vérifié que la pratique justifiait ces présomptions théoriques; elle a vu sur les parois de carrières ouvertes dans la plaine une mince couche de terre arable sous laquelle se trouvaient des bancs de sable, cailloux et graviers, lesquels conservaient leur couleur naturelle sans montrer la moindre trace de dépôt noir de matières organiques, preuve palpable que la couche superficielle agissait bien comme un filtre énergique sur les eaux boueuses versées sur les champs irrigués. La Commission a fait tirer devant elle de l'eau de puits établis au milieu des terrains irrigués; cette eau était parfaitement limpide, sans saveur spéciale, identique, comme aspect et comme goût, aux eaux sulfatées de la nappe souterraine qui alimente les puits de toute la plaine comprise entre Rueil, Courbevoie et la Seine. Elle a fait des constatations identiques sur l'eau sortie d'un drain établi dans une portion du jardin d'essai de la ville de Paris et débouchant en Seine. Ces eaux, soumises à l'analyse chimique, ont été reconnues comme parfaitement pures de matières fermentescibles; on a trouvé, en effet :

	Azote organique en grammes par mètre cube	Azote total au mètre cube
Eau du puits du jardin de la ville.....	0 ^{gr} 10	0 ^{gr} 30
Eau du drain du jardin de la ville.....	Traces insensibles	0 35

Ces eaux sont plus pures que celles de la Seine en amont des collecteurs, lesquelles renferment 85 centigrammes d'azote organique et 1^{gr},5 d'azote total; elles sont même supérieures à leurs similaires extraites de puits situés dans la même nappe, mais en dehors du périmètre irrigué, dans des terrains naturellement moins perméables et moins propres à l'oxydation; elles sont assimilables, pour la pureté chimique, aux eaux des sources d'Arcueil. C'est ce que montrent les chiffres suivants, correspondant à des puits voisins des stations de Courbevoie et de Colombes et à un échantillon d'eau d'Arcueil.

	Azote organique	Azote total
Puits de Courbevoie.....	0 ^{gr} 23	0 ^{gr} 77
Puits de Colombes.....	0 23	0 83
Eau d'Arcueil.....	0 05	0 43

L'eau sortant du drain présente même une aération satisfaisante supérieure à celle de la Seine en amont des collecteurs : 6 centimètres cubes à 6^{cc},5 par litre. Dans les puits, là où la nappe n'est pas mise artificiellement en mouvement, la dose d'oxygène est moindre, 2 centimètres cubes à 3 centimètres cubes : c'est le phénomène que présentent les nappes soit dans les environs (puits d'Asnières, 3^{cc},6; puits de Clichy, 1 centimètre cube à 4^{cc},6), soit du côté de Saint-Denis, (2^{cc},40, puits de Gonesse; 3 centimètres cubes, Aubervilliers, etc.).

La commission ne peut donc que témoigner de l'action évidente actuelle du sol de la plaine de Gennevilliers. Elle ne pense pas, du reste, que cette action puisse

prochainement s'arrêter par encrassement; les grands phénomènes de filtration naturelle et spécialement ceux du pays de Caux, cités précédemment, permettent de croire à une perméabilité constante, même après la formation de bancs limoneux de plusieurs mètres d'épaisseur; or, la couche moyenne de dépôts effectués par la pratique de l'irrigation à Gennevilliers n'atteint pas 0,001 par an; les dépôts, ainsi qu'à pu le constater *de visu* la commission, ne sont pas gras et encrassants; renfermant 50 0/0 de matières siliceuses, ils sont friables et perméables par eux-mêmes; les façons de la culture les incorporent chaque année au sol et ont simplement pour résultat l'entretien ou l'accroissement d'une couche de terre arable légère. Ce mécanisme de l'absorption des eaux et de l'incorporation des dépôts au sol avec utilisation par les plantes garantit en même temps de tout inconvénient au point de vue de la salubrité des localités environnantes. L'eau ne séjourne nulle part, et les phénomènes de fermentation ou d'oxydation s'accomplissent dans le sein de la terre au lieu de se produire en Seine. La commission a pu voir autour du terrain municipal où commencèrent les cultures, en 1869, tout un village de récente création : aucune affection spéciale ne s'est produite dans ce village, nommé les Grésillons, et l'accroissement journalier de cette localité naissante, au milieu des champs où circule l'eau d'égout, est la meilleure preuve de l'innocuité du système.

Craintes au sujet de la conservation des microbes. —

L'expérience démontre l'action efficace de l'épuration agricole au point de vue physique et chimique; mais les germes et les microbes sont-ils arrêtés et détruits? Ne les retrouve-t-on pas dans les eaux de drainage qui vont à la rivière? C'est là une question grave qu'on se pose immédiatement et qui a vivement excité l'attention des plus savants hygiénistes.

Les résultats que nous avons exposés en traitant des grands filtres au sable font prévoir au lecteur que les craintes à concevoir pour la transmission des germes dans l'eau filtrée doivent se réduire à peu de chose.

Elles s'étaient fondées particulièrement sur ces paroles de Pasteur :

J'ai reconnu le premier, dans l'étude de la flacherie des vers à soie et des spores des vibrions de cette maladie, qu'il y a des maladies dues à des germes particuliers, pouvant garder leur vitalité pendant des années. J'ai reconnu, en outre, que les germes charbonneux ne sont pas détruits par la végétation. Un animal charbonneux est enfoui : son sang contient des parasites. Ces parasites, dans certains cas, peuvent être détruits très vite. Mais il n'en est pas toujours ainsi. Le parasite peut survivre et se présenter, au contact de l'air, sous un mode spécial. Le bâtonnet charbonneux, au bout de quelques heures, se condense; de petits œufs, des spores, se voient le long des bâtonnets et remplacent ces derniers qui bientôt sont, pour ainsi dire, transformés en une sorte de poussière composée de ces petits corps ovoïdes.

Il y a une différence notable entre les bâtonnets et les spores. Le bâtonnet se détruit vite par dessiccation : alors, il devient inoffensif. Il n'en est pas de même des spores qui ont une force de résistance considérable. Dans cet état, ils peuvent durer des années, dans la terre, toujours prêts à reprendre vie et à s'introduire

dans le corps des animaux pour leur donner la maladie charbonneuse qui conduit à la mort.

Le charbon n'est pas la seule maladie à germes persistants. On peut encore citer la septicémie aiguë. Les germes de ces maladies sont ramenés par les vers de terre. Ceux-ci avalent les terres les plus fines. Ils rendent ces terres, avec les germes qu'elles peuvent contenir, par leur tube intestinal, les ramenant et les déposant ainsi à la surface du sol.

La septicémie est due à un organisme microscopique semblable à celui du charbon ; mais, à l'inverse des bacilles du charbon, ils ne se forment qu'à l'abri de l'air.

Un cadavre charbonneux peut devenir septicémique en douze heures.

Il y a dix à quinze cas de charbon à Paris par an ; par conséquent, ce n'est que dans les conditions tout à fait exceptionnelles que le charbon ou la septicémie peuvent être produits par les eaux d'égout. Il se passera sans doute bien des années avant qu'on observe un cas de charbon ou de septicémie déterminé par les eaux d'égout. Néanmoins ces faits autorisent et motivent bien des inductions.

En présence des faits signalés par Pasteur, ne pouvait-on craindre que les spores de certaines maladies contagieuses, choléra, diphtérie, fièvre typhoïde, n'échappassent, dans certains terrains, à l'action oxydante et épuratrice et ne fussent ramenés à leur point de départ par les légumes et les plantes recueillies sur le sol irrigué ?

A cela on peut répondre par d'autres faits :

On pourrait tout d'abord, si la base du raisonnement était sérieuse, faire remarquer que les irrigations se font et se feront toujours par rigoles, l'eau coulant et s'infiltrant dans de petits fossés, et ne touchant jamais les plantes qui poussent sur de petits monticules situés entre les rigoles ; que les microbes en question n'ont aucune faculté locomotrice en dehors des liquides qui les contiennent et qu'on ne voit guère comment ils pourraient faire les sauts prodigieux qui les porteraient sur les feuilles de salade ou sur les fraises distantes de 0^m,30 à 0^m,40 de la rigole ; que l'humidité constante et la façon du sol les retiendraient forcément incorporés par l'humus, et que, du reste, les vers de terre sont presque totalement absents dans les terres sableuses et fortement arrosées et ne sauraient ainsi ramener à la surface, par leur déglutition, les germes incorporés ; enfin, que là même où il existe de véritables nécropoles d'animaux charbonneux, comme dans le jardin de la ferme de Rozières, où ont été faites les belles expériences de M. Pasteur sur la contagion du charbon, au-dessus même des fosses qui ont servi pendant de nombreuses années à l'enfouissement de centaines d'animaux morts du charbon, les fermiers n'ont jamais cessé de cultiver des légumes de toutes sortes, qui ont toujours été mangés, sans la moindre précaution, cuits ou crus, par les habitants de la ferme et du village : aucun d'eux, d'après une enquête minutieuse, n'aurait été atteint du charbon.

Mais a-t-on le droit de conclure du charbon et de la septicémie à toutes les maladies contagieuses? Faut-il condamner l'emploi séculaire des fumiers de ferme, de l'engrais flamand, en un mot de tous les engrais d'origine fécale ou organique?

M. Bouley n'a pas hésité à répondre par la négative. La plupart des maladies contagieuses s'éteignent et disparaissent par l'enfouissement des bêtes contaminées. Des expériences séculaires existent en fait d'irrigations par les eaux d'égout, et jamais on n'a constaté dans les pays irrigués de maladies déterminées. L'action prolongée de l'air déterminera l'atténuation d'abord, puis l'annulation du virus. La dilution dans l'eau produit le même effet, et l'on attribue la destruction des germes à la présence de l'oxygène dans l'eau; quand on augmente la proportion d'oxygène, la destruction s'accélère.

La conclusion de cela, c'est qu'en admettant l'hypothèse que les eaux d'égout, telles qu'elles sont actuellement à leur sortie de Paris, puissent être dangereuses par les éléments vivants de maladies contagieuses qu'elles renfermeraient, mieux vaudrait encore les répandre sur des terrains appropriés où elles s'épurent rapidement par la filtration et l'oxydation, que de les mélanger directement au fleuve sur les rives desquelles elles forment des dépôts de je ne sais combien de kilomètres en longueur, où les germes contagieux se trouvent dans des conditions plus favorables de conservation que dans un terrain sablonneux, dans lequel l'air exerce son action atténuante avec une continuité et une énergie constantes.

Résultats économiques et agricoles. — L'irrigation des terrains de Gennevilliers a commencé en 1869 : les eaux d'égout, élevées par pompes centrifuges, se rendent, par une rigole en maçonnerie et une conduite forcée, dans un réseau de distribution formé de fossés en terre. — La Commission de 1874 constatait déjà les résultats suivants :

La répartition sur le sol se pratique à l'aide de raies séparées par des billons plus ou moins larges; ces raies se tracent : en plein champ, à la charrue; dans les parcelles passées à l'état de jardin, à la bêche et au cordeau.

Les plantes poussent sur les billons : leurs racines seules vont chercher l'humidité et l'engrais au voisinage des rigoles; les parties vertes des plantes ne sont jamais touchées par l'eau d'égout. En automne et en hiver, il est quelquefois procédé à de vrais colmatages par submersion partielle des pièces à fumer, mais, le plus souvent, l'engraissement du sol dépourvu de végétation se fait également par rigoles et imbibition.

Les doses annuelles à l'hectare ont varié de 50 000 à 100 000 mètres cubes. L'usage des bassins d'épuration, installés en 1869, a été sans cesse décroissant.

Quant au résultat agricole et économique, la commission a pu constater l'état

prospère des cultures irriguées; elle a vu, dans un certain nombre de parcelles et spécialement sur le domaine municipal, comprenant 5 à 6 hectares loués à divers industriels, les produits les plus variés, depuis les légumes de toutes espèces jusqu'aux fleurs et aux fruits. Dans les terrains courants de la plaine, la culture des légumes est prédominante : les champs de choux et d'artichauts ont spécialement attiré l'attention de la commission. Un certain nombre de terrains sont consacrés à des plantes industrielles, parmi lesquelles on remarque la menthe poivrée, distillée dans l'usine voisine d'un parfumeur. Sur les limites du périmètre irrigué, la grande culture emploie les eaux comme fumure ou comme arrosage d'été; des seigles coupés en vert, des betteraves à bestiaux, des légumes et enfin quelques prairies voisines du bord de la Seine sont soumis à l'irrigation; les luzernes présentaient encore, au mois d'octobre, au moment de la visite de la commission, un aspect vivace et en étaient à leur quatrième ou cinquième coupe; les betteraves à bestiaux s'exploitaient et donnaient des rendements voisins de 100 000 kilogrammes à l'hectare. D'après les renseignements transmis par les ingénieurs du service municipal, la valeur locative des terrains irrigués a subi une hausse sensible depuis leur transformation. D'une valeur de 90 francs à 120 francs l'hectare, ils ont atteint 200 francs, 300 francs et même 400 francs. La ville de Paris loue son domaine à raison de 5 centimes du mètre carré, soit 500 francs l'hectare. Ces faits expliquent comment, à mesure que la ville étend ses conduites et rigoles, les cultivateurs usent des eaux mises à leur disposition.

De l'étude des faits constatés dans la plaine de Gennevilliers, aussi bien que des considérations théoriques, est donc résultée pour la Commission la conviction absolue que le seul remède à l'infection produite en Seine par les eaux des collecteurs consiste dans l'emploi agricole de ces eaux en irrigations, et que le système pratiqué sur un sol perméable comme celui de la presqu'île de Gennevilliers et appliqué aux cultures maraîchères et industrielles ou aux prairies, se prête à une exploitation prolongée sans faire courir aucun risque à la salubrité des localités irriguées.

La Commission dont M. Bourneville était rapporteur donne de son côté les conclusions suivantes :

De 1872 à 1883, il a été versé sur la plaine de Gennevilliers 157 millions de mètres cubes.

La surface irriguée, partie de 51 hectares en 1872, atteignait 121 hectares en 1874, 200 hectares en 1875, 450 hectares en 1880, 616 hectares le 1^{er} janvier 1883, 715 hectares en 1889. L'eau est distribuée sur les diverses parcelles par une vingtaine de cantonniers, chargés chacun de desservir 25 à 30 hectares et de manœuvrer une trentaine de bouches : vu l'extrême division de la propriété et la diversité des cultures, le cube d'eau d'égout amené dans la plaine se répartit assez uniformément pour n'exiger aucun réservoir ni aucun régulateur; de simples cheminées-ventouses, placées auprès de l'usine et en divers points de la canalisation, régularisent la pression.

Pendant la saison d'active végétation, les cultivateurs sont presque toute la journée présents sur leurs champs au nombre de 1 500 environ, hommes, femmes, enfants; ils conduisent l'eau dans les rigoles, à partir des bouches de distribution, avec un soin et une habileté qui ne laisseraient rien à désirer dans les plus belles irrigations du Midi de la France. Pendant les trois ou quatre mois d'hiver, la végétation n'est plus que partielle : les cantonniers interviennent alors plus directement; ils font circuler l'eau dans les rigoles et les raies de manière à assurer l'épu-

ration par l'action oxydante ; les parties solides restent dans les rigoles et forment le colmatage, que les paysans incorporent ensuite au sol dans les premières façons du printemps. C'est ce qui a lieu spécialement pour les céréales ; les produits maraîchers utilisent les dépôts d'hiver sous forme de couverture des planches.

A Paris, comme à Berlin, les colmatages et les irrigations continuent par les plus grands froids, les eaux d'égout ayant toujours une température d'au moins 5 à 6 degrés ; c'est ce qui a été réalisé dans le grand hiver de 1879 et pendant les trois semaines de gelée continue de l'hiver dernier. En cas de grande crue de la Seine, on cesse généralement de faire fonctionner l'usine, laissant aux flots de la Seine le soin d'enlever la totalité des eaux des collecteurs.

Les résultats obtenus dans la plaine au point de vue des cultures sont des plus remarquables. Votre commission a parcouru, pendant plus de deux heures, des champs couverts des produits les plus variés et les plus abondants : légumes de toute sorte, céréales, prairies, pépinières.

On obtient couramment 20 000 à 40 000 têtes de choux à l'hectare, 60 000 têtes d'artichauts, 100 000 kilos de betteraves à bestiaux, 5 à 6 coupes donnant 80 à 100 tonnes de fourrages en vert. Le produit brut obtenu à l'hectare varie entre 3 000 et 40 000 francs, et même au delà pour certaines cultures.

L'expérience de tous les jours réfute les doutes émis sur la valeur nutritive et sur la saveur des produits obtenus.

L'état sanitaire de la commune est excellent ; la population y a presque doublé en 20 ans. L'irrigation par les eaux d'égout a apporté la richesse à Gennevilliers.

Exécution du programme établi par les lois de 1889 et de 1894. — Les lois de 1889 et de 1894, dont nous donnons ci-après le texte, ont fixé, ont enfin consacré le principe de l'épuration agricole des eaux de la Seine ; comme riverain du fleuve, nous regrettons seulement qu'une opposition persistante ait tant retardé les travaux et que ces travaux eux-mêmes ne soient pas poursuivis sans relâche et avec une ampleur suffisante pour qu'il n'arrive plus à la Seine une seule goutte d'eau d'égout.

Les travaux en cours comprennent la construction d'un aqueduc entre Clichy et Achères avec aménagement de 800 hectares de terrains domaniaux ; l'embranchement de cet aqueduc sur Méry et Pierrelaye (vallée de l'Oise) et la création de nouveaux champs d'irrigation à l'aval d'Achères dans la vallée de la Seine vont entrer dans la voie de l'exécution ; malheureusement, avant l'achèvement de ce programme, l'infection croissante du fleuve aura fait de nouveaux progrès ; son lit et ses rives sont aujourd'hui saturés et l'absence de grandes crues prolongées a dû augmenter le mal.

L'aqueduc de Clichy à Achères est, d'après M. Bechmann, directeur des travaux, calculé pour un débit de 9^m^c,75 à la seconde, alors que les collecteurs parisiens écoulent actuellement 4^m,60 ; il a 15 kilo-

mètres de longueur à partir de l'usine élévatoire dont 3 800 mètres de conduites forcées et 11 200 mètres de conduites libres à pente de 0^m,50 par kilomètre ; la conduite libre a une section circulaire de 3 mètres de diamètre, et l'eau remplit les 3/4 de la hauteur de la section ; la conduite forcée comprend soit un tuyau unique de 2^m,30, soit deux tuyaux de 1^m,80, soit quatre conduites de 1^m,40, soit enfin deux conduites de 1 mètre, le tout calculé suivant les charges. L'aqueduc traverse la Seine à Clichy par le siphon Berlier, à Argenteuil par un pont-arc en acier et à Herblay par un siphon de 206 mètres formé de deux tubes d'un mètre de diamètre qui ont été assemblés et amenés en place par flottaison au-dessus d'une fouille draguée pour les recevoir ; puis ils ont été noyés dans un massif de béton de ciment. Rappelons qu'une partie des conduites a été établie en sidéro-ciment ou en ciment armé.

LOI DU 4 AVRIL 1889, RELATIVE A L'ÉPURATION AGRICOLE DES EAUX
D'ÉGOUT DE PARIS

ARTICLE PREMIER. — Il sera procédé à l'exécution des travaux nécessaires pour conduire dans la presqu'île de Saint-Germain les eaux d'égout de Paris, élevées par des machines établies à Clichy, conformément aux dispositions générales du projet dressé, à la date des 19 juillet-27 août 1880, par les ingénieurs du Service municipal de la Ville de Paris.

Les travaux ci-dessus mentionnés sont déclarés d'utilité publique.

ART. 2. — La dépense sera exclusivement supportée par la Ville de Paris.

ART. 3. — Est approuvée la convention passée entre l'État, représenté par les ministres des Finances, de l'Agriculture et des Travaux publics, et la Ville de Paris, représentée par le préfet de la Seine, pour la location ou la cession à cette dernière des terrains domaniaux destinés à servir de champ d'irrigation pour les eaux d'égout.

ART. 4. — Dans les terrains concédés, la Ville de Paris ne pourra répandre des eaux que sur les parties du sol mises en culture, sans préjudice de l'utilisation sur d'autres points par elle-même ou par concessionnaires, au moyen des traitements chimiques ou d'un canal dans la direction de la mer, ou de toute autre façon.

Elle ne pourra, pour la culture, répandre sur le sol, qu'un maximum de 40 000 mètres cubes d'eau par hectare et par an.

Le tout sous la surveillance de ses agents, sans former de mare stagnante, ni opérer de déversement d'eaux d'égout non épurées en Seine, dans la traversée du département de Seine-et-Oise, sauf les cas de force majeure.

L'exécution de ces prescriptions et la limite de saturation des terres seront contrôlées par une commission permanente de cinq experts nommés, l'un par le ministre de l'Agriculture, un autre par le Conseil général de la Seine, un troisième par le Conseil général de Seine-et-Oise, le quatrième par le ministre des Finances et un membre du Comité consultatif d'Hygiène de France nommé par ses collègues.

Ces experts adresseront tous les six mois aux ministres de l'Agriculture et des Finances un rapport qui sera inséré au *Journal officiel*.

LOI DU 10 JUILLET 1894, RELATIVE AU TOUT A L'ÉGOUT, VILLE DE PARIS

ART. 2. — Les propriétaires des immeubles situés dans les rues pourvues d'un égout public seront tenus d'écouler souterrainement et directement à l'égout les matières solides et liquides des cabinets d'aisances de ces immeubles.

Il est accordé un délai de trois ans pour les transformations à effectuer à cet effet dans les maisons anciennes.

ART. 3. — La Ville de Paris est autorisée à percevoir des propriétaires de constructions riveraines des voies pourvues d'égouts, pour l'évacuation directe des cabinets, une taxe annuelle de vidanges qui sera assise sur le revenu net imposé des immeubles conformément au tarif ci-après :

« 10 fr. pour un immeuble d'un revenu imposé à la contribution foncière ou à celle des portes et fenêtres inférieur à 500 francs.			
30 fr. pour un immeuble d'un revenu imposé de	500 fr. à	1 499 fr.	
60 fr. — — — — —	1 500 fr. à	2 999 fr.	
80 fr. — — — — —	3 000 fr. à	5 999 fr.	
100 fr. — — — — —	6 000 fr. à	9 999 fr.	
150 fr. — — — — —	10 000 fr. à	19 999 fr.	
200 fr. — — — — —	20 000 fr. à	29 999 fr.	
350 fr. — — — — —	30 000 fr. à	39 999 fr.	
500 fr. — — — — —	40 000 fr. à	49 999 fr.	
750 fr. — — — — —	50 000 fr. à	69 999 fr.	
1 000 fr. — — — — —	70 000 fr. à	99 999 fr.	
1 500 fr. — — — — —	100 000 fr. et au dessus »		

En ce qui concerne les immeubles exonérés à un titre et pour une cause quelconque de la contribution foncière sur la propriété bâtie, la Ville pourra percevoir une taxe fixe de cinquante francs (50 francs) par chute.

Le produit de ces taxes servira à rembourser l'emprunt en capital et intérêts et à faire face à l'augmentation des dépenses d'entretien.

ART. 4. — Le taux desdites taxes pourra être révisé tous les cinq ans par décret, après délibération conforme du Conseil municipal, sans que ces taxes puissent être supérieures au tarif fixé à l'article 3.

ART. 5. — Le recouvrement de ces taxes aura lieu comme en matière de contributions directes.

ART. 6. — La Ville de Paris devra terminer, dans le délai de cinq ans, à partir de la promulgation de la présente loi, les travaux nécessaires pour assurer l'épannage de la totalité de ses eaux d'égouts. Sur les terrains qui lui appartiennent ou dont elle sera locataire, elle devra se conformer aux conditions prescrites par l'article 4 de la loi du 4 avril 1889.

ARRÊTÉ PRÉFECTORAL DU 8 AOUT 1894, PORTANT RÈGLEMENT
RELATIF A L'ASSAINISSEMENT DE PARIS

Cet arrêté a été annulé par le Conseil d'État comme entaché d'excès de pouvoir, mais nous avons tenu à le conserver pour faire connaître les mesures qu'il imposait.

Le Préfet de la Seine,

Vu la loi des 16-24 août 1790;

Vu les décrets des 26 mars 1852 et 10 octobre 1859;

Vu la délibération du Conseil municipal en date du 23 mars 1892, portant règlement relatif à l'assainissement de Paris ;

Vu la loi du 10 juillet 1894 ;

Arrête :

TITRE PREMIER

Cabinets d'aisances

ARTICLE PREMIER. — Dans toute maison à construire, il devra y avoir un cabinet d'aisances par appartement, par logement ou par série de trois chambres louées séparément. Ce cabinet devra toujours être placé soit dans l'appartement ou logement, soit à proximité du logement ou des chambres desservies, et, dans ce cas, fermé à clef.

Dans les magasins, hôtels, théâtres, usines, ateliers, bureaux, écoles et établissements analogues, le nombre des cabinets d'aisances sera déterminé par l'administration, dans la permission de construire, en prenant pour base le nombre de personnes appelées à faire usage de ces cabinets.

Dans les immeubles indiqués au paragraphe précédent, le propriétaire ou le principal locataire sera responsable de l'entretien en bon état de propreté des cabinets à l'usage commun.

ART. 2. — Tout cabinet d'aisances devra être muni de réservoirs ou d'appareils branchés sur la canalisation, permettant de fournir dans ce cabinet une quantité d'eau suffisante pour assurer le lavage complet des appareils d'évacuation et entraîner rapidement les matières jusqu'à l'égout public.

ART. 3. — L'eau, ainsi livrée dans les cabinets d'aisances, devra arriver dans les cuvettes de manière à former une chasse vigoureuse. Les systèmes d'appareils et leurs dispositions générales seront soumis au Conseil municipal avant que leur emploi par le propriétaire soit autorisé. Ils seront examinés et reçus par le Service de l'Assainissement de Paris avant la mise en service.

ART. 4. — Toute cuvette de cabinets d'aisances sera munie d'un appareil formant fermeture hydraulique et permanente.

Néanmoins, l'administration pourra tolérer le maintien des installations, lorsque celles-ci le permettront, à la condition qu'il soit établi, à la base de chaque tuyau de chute, un réservoir de chasse automatique convenablement alimenté.

TITRE II

Eaux ménagères et pluviales

ART. 5. — Il sera placé une inflexion siphonide formant fermeture hydraulique permanente à l'origine supérieure de chacun des tuyaux d'eau ménagère.

ART. 6. — Les tuyaux de descente des eaux pluviales seront munis également d'obturateurs à fermeture hydraulique permanente interceptant toute communication directe avec l'atmosphère de l'égout.

ART. 7. — Les tuyaux devront être aérés d'une manière continue.

TITRE III

Tuyaux de chute et conduites d'eaux ménagères et pluviales

ART. 8. — Les descentes d'eaux pluviales et ménagères et les tuyaux de chute destinés aux matières de vidange ne pourront avoir un diamètre inférieur à 8 centimètres ni supérieur à 16 centimètres.

ART. 9. — Les chutes des cabinets d'aisances avec leurs branchements ne pourront être placées dans un angle supérieur à 45° avec la verticale.

A l'origine supérieure de chacune de ces chutes, il devra toujours être placé une inflexion siphonide formant fermeture hydraulique permanente sous réserve de la

tolérance prévue à l'art. 4. Chaque tuyau de chute sera prolongé au-dessus du toit, jusqu'au faitage et librement ouvert à sa partie supérieure.

ART. 10. — La projection de corps solides, débris de cuisine, de vaisselle, etc. dans les conduites d'eaux ménagères et pluviales, ainsi que dans les cuvettes des cabinets d'aisances, est formellement interdite.

ART. 11. — Les descentes des eaux pluviales et ménagères et les tuyaux de chute seront prolongés jusqu'à la conduite générale d'évacuation, au moyen de canalisations secondaires dont le tracé devra être formé de parties rectilignes raccordées par des courbes.

A chaque changement de pente ou de direction, il sera ménagé un regard de visite fermé par un autoclave étanche et facilement accessible.

TITRE IV

Évacuation des matières de vidange, des eaux ménagères et des eaux pluviales

ART. 12. — L'évacuation des matières de vidanges sera faite directement à l'égout public avec les eaux pluviales et ménagères, dans les voies désignées par arrêtés préfectoraux après avis conforme du Conseil municipal, au moyen de canalisations parfaitement étanches, ventilées et prolongées dans le branchement particulier jusqu'à l'aplomb de l'égout public.

ART. 13. — Les canalisations auront une pente minima de 3 centimètres par mètre. Dans les cas exceptionnels où cette pente serait impossible ou difficile à réaliser, l'administration aura la faculté d'autoriser des pentes plus faibles avec addition de réservoir de chasse et autres moyens d'expulsion à établir aux frais et pour le compte des propriétaires.

ART. 14. — Leur diamètre sera fixé, sur la proposition des intéressés, en raison de la pente disponible et du cube à évacuer.

Il ne sera, en aucun cas, inférieur à 12 centimètres.

ART. 15. — Chaque tuyau d'évacuation sera muni, avant sa sortie de la maison, d'un siphon dont la plongée ne pourra être inférieure à 7 centimètres, afin d'assurer l'occlusion hermétique et permanente entre la canalisation intérieure et l'égout public.

Chaque siphon sera muni d'une tubulure de visite avec fermeture étanche placée en amont de l'inflexion siphonide.

Les modèles de ces siphons et appareils seront soumis à l'administration et acceptés par elle.

ART. 16. — Les tuyaux d'évacuation et les siphons seront en grès vernissé ou autres produits admis par l'administration. Les joints devront être étanches et exécutés avec le plus grand soin, sans bavure ni saillie intérieure.

La partie inférieure de la canalisation devra résister à une pression d'eau intérieure de 1 kilogramme par centimètre carré.

ART. 17. — Dans toute maison à construire, le branchement particulier d'égout devra être mis en communication avec l'intérieur de l'immeuble, et ce branchement devra être fermé par un mur pignon au droit même de l'égout public.

En ce qui concerne les maisons existantes, les propriétaires pourront être autorisés sur leur demande à mettre en communication avec l'intérieur de leur immeuble leur branchement particulier et à y installer le siphon hydraulique obturateur du conduit d'évacuation, ainsi que le compteur de leur distribution d'eau ou tout autre appareil destiné à l'évacuation, sous réserve de l'établissement, au droit même de l'égout, d'un mur pignon fermant ce branchement.

Évacuation par canalisation spéciale

ART. 18. — Dans les voies publiques où, par suite de circonstances exception-

nelles, les matières de vidange et les eaux ménagères ne seraient pas évacuées directement à l'égout public, des arrêtés spéciaux, pris après avis du Conseil municipal, prescriront les dispositions à adopter selon les exigences du système employé.

TITRE V

Époque de l'exécution des travaux

ART. 19. — Les dispositions du titre premier, relatives au nombre des cabinets d'aisances, seront immédiatement appliquées en ce qui concerne les maisons à construire. Elles pourront devenir exigibles dans les maisons déjà construites, si la salubrité le réclame, en exécution des lois et règlements existants ou à intervenir sur les logements insalubres.

Les autres dispositions du titre premier ne seront appliquées que successivement, dans les voies indiquées par les arrêtés préfectoraux dont il est question aux articles 12 et 18.

Les propriétaires riverains de ces voies auront un délai maximum de trois ans, compté à partir de la publication desdits arrêtés, pour appliquer les dispositions des articles 2, 3 et 4 du titre premier, installer des occlusions hydrauliques, adapter la canalisation existante à l'évacuation des vidanges dans les conditions indiquées au présent règlement et supprimer les fosses, tinettes et autres systèmes de vidange actuellement en usage.

ART. 20. — Les mêmes prescriptions et le même délai seront applicables aux voies privées qui aboutissent aux voies publiques susmentionnées et dont les propriétaires devront pourvoir en temps utile aux moyens généraux d'évacuation à l'égout public.

ART. 21. — Les projets d'établissement de canalisation de maisons neuves ou de transformations de canalisations de maisons déjà construites seront soumis, avant exécution, au service de l'assainissement de Paris. Il en sera délivré un récépissé.

Ils comprendront l'indication détaillée, avec plans et coupes, de tous les travaux à exécuter, tant pour la distribution de l'eau alimentaire que pour l'établissement des cabinets d'aisances et l'évacuation des matières de vidange, eaux ménagères et pluviales.

Vingt jours après le dépôt de ces projets, constaté par le récépissé du service de l'assainissement, le propriétaire pourra commencer les travaux d'après son projet, s'il ne lui a été notifié aucune injonction.

L'entrepreneur restera d'ailleurs soumis à la déclaration préalable prescrite par l'ordonnance du 20 juillet 1838, article 1^{er}.

Après approbation de l'administration et exécution, les ouvrages ne pourront être mis en service qu'après leur réception par les agents du Service de l'Assainissement de Paris, assisté de l'architecte-voyer, lesquels vérifieront, dans les dix jours de leur achèvement, si ces ouvrages sont conformes aux projets approuvés et aux dispositions prescrites par le présent règlement.

ART. 22. — Les fosses, caveaux, etc., rendus inutiles par suite de l'application de l'écoulement direct à l'égout, seront vidangés, désinfectés et comblés.

TITRE VI

Redevance

ART. 23. — Les propriétaires dont les immeubles seront desservis par l'écoulement direct, payeront pour le curage et l'entretien des égouts publics la taxe fixée par l'article 3 de la loi du 10 juillet 1894.

Cette taxe sera exigible à partir du 1^{er} janvier, pour les immeubles qui se trouveront pratiquer à cette date l'évacuation directe des vidanges à l'égout. Elle le

deviendra successivement pour ceux où ledit système d'évacuation directe sera ultérieurement établi à partir du 1^{er} janvier de l'année qui suivra la mise en service des ouvrages et, au plus tard, la troisième année après la date des arrêtés préfectoraux mentionnés à l'article 12.

TITRE VII

Dispositions transitoires

ART. 24. — Dans les rues actuellement pourvues d'égouts, mais où l'écoulement direct n'est pas encore appliqué, il pourra être accordé provisoirement des autorisations pour écoulement des eaux vannes à l'égout par l'intermédiaire des tinettes filtrantes dans les conditions de l'arrêté du 27 novembre 1887.

ART. 25. — Des fosses fixes nouvelles ne pourront être établies, à titre provisoire, que dans les cas à déterminer par l'administration et lorsque l'absence d'égout, les dispositions de l'égout public et de la canalisation d'eau ou toute autre cause ne permettront pas l'écoulement direct des matières de vidange à l'égout.

ART. 26. — L'installation et la disposition des fosses fixes et mobiles, des tinettes filtrantes existant actuellement, des tuyaux de chute et d'évent, etc., etc., restent soumises aux prescriptions des ordonnances, arrêtés et règlements en vigueur en tout ce à quoi il n'est pas dérogé par le présent règlement.

ART. 27. — Le présent règlement ne pourra être modifié qu'après avis du Conseil municipal.

ARRÊTÉ PRÉFECTORAL DE MAI 1896, REMPLAÇANT LE PRÉCÉDENT
POUR APPLICATION DE LA LOI DU 10 JUILLET 1894

Le Conseil d'État a jugé que le préfet de la Seine avait excédé ses pouvoirs en fixant le nombre des cabinets d'aisances, en imposant l'usage des eaux de la ville à ceux qui avaient d'autres eaux à leur disposition, en prescrivant l'emploi de systèmes déterminés, de matériaux également déterminés, en ordonnant le comblement des fosses après désinfection. — Le nouvel arrêté est ainsi conçu :

Le préfet de la Seine,

Vu l'article 193 de la Coutume de Paris;

Vu la loi des 16-24 août 1790;

Vu le décret-loi du 26 mars 1852;

Vu le décret du 10 octobre 1859;

Vu la loi du 10 juillet 1894,

Arrête :

ARTICLE PREMIER. — L'évacuation des matières solides et liquides des cabinets d'aisances sera faite directement à l'égout public dans les voies désignées par arrêtés préfectoraux.

Le délai de trois ans, accordé par l'art. 2 de la loi du 10 juillet 1894 pour les transformations à effectuer, à cet effet, dans les maisons existantes, court à partir de la date de ces arrêtés.

ART. 2. — Les cabinets d'aisances, établis en nombre suffisant dans chaque immeuble, devront être disposés de telle sorte que la cuvette reçoive à chaque évacuation la quantité d'eau nécessaire pour produire une chasse qui assure le lavage complet des appareils et l'entraînement rapide des matières jusqu'à l'égout public.

ART. 3. — Les tuyaux de chute desservant les cabinets d'aisances et les tuyaux

de descente des eaux ménagères et pluviales aboutiront à un conduit commun qui se prolongera dans le branchement particulier jusqu'à l'aplomb de l'égout public.

ART. 4. — Ces canalisations seront disposées dans toutes leurs parties de manière à réaliser un écoulement rapide sans formation de dépôt et sans émanation d'aucune sorte.

Elles seront de force à résister à toutes pressions intérieures, et elles devront être aérées d'une manière continue.

ART. 5. — Des fermetures hermétiques permanentes intercepteront toute communication entre l'air des habitations et l'atmosphère de l'égout et des chutes, descentes et conduits d'évacuation à l'égout.

ART. 6. — Les dispositions qui précèdent sont intégralement applicables aux maisons à construire.

Dans les maisons existantes, pourront être conservés :

1^o Les tuyaux de chute et de descente même ne satisfaisant que partiellement aux prescriptions de l'article 4 ci-dessus ;

2^o Les anciens appareils de cabinets d'aisances munis d'effets d'eau suffisants, mais à la condition qu'il soit établi une chasse d'eau à la base du tuyau de chute et une occlusion hermétique permanente avant le débouché dans l'égout.

Le tout sans préjudice de l'exécution des lois et règlements sur les logements insalubres.

ART. 7. — Conformément à l'art. 4 du décret-loi du 26 mars 1852, tout projet d'établissement ou de transformation de canalisation devra, avant exécution, être soumis avec plans et coupes cotés à l'Administration ; et, vingt jours après le dépôt constaté par récépissé, les travaux pourront être commencés d'après le projet, s'il n'a été notifié aucune injonction.

L'entrepreneur restera d'ailleurs soumis à la déclaration préalable prescrite par l'ordonnance du 20 juillet 1838, art. 1^{er}, et les travaux devront être vérifiés par les agents de l'Administration qui s'assureront que les prescriptions faites dans l'intérêt de la salubrité ont été observées.

ART. 8. — Les fosses, caveaux, etc., rendus inutiles par suite de l'écoulement direct à l'égout seront vidangés et désinfectés.

ART. 9. — La projection de corps étrangers tels que débris de cuisine, de vaisselle, etc., dans les conduites d'eaux ménagères et pluviales ainsi que dans les cuvettes des cabinets d'aisances est formellement interdite.

ART. 10. — Les contraventions aux prescriptions qui précèdent seront poursuivies par toutes voies de droit.

Charges imposées à la propriété par les dispositions qui précèdent. — Il ne faut pas se dissimuler que les dispositions qui précèdent imposent aux propriétaires des maisons existantes une charge considérable, d'autant plus élevée malheureusement que les maisons comportent un plus grand nombre de logements ; dans les maisons à petits logements, c'est-à-dire dans celles de moindre produit, les travaux obligatoires peuvent facilement absorber la moitié d'une année de loyer et même davantage.

Les redevances annuelles pour le tout à l'égout sont parfois supérieures à la dépense qu'entraînait la vidange.

Nous sommes bien loin de méconnaître les grands avantages du

tout à l'égout, mais il semble qu'on aurait pu du moins donner un long délai pour le remplacement des cuvettes ordinaires par des cuvettes perfectionnées avec appareils de chasse à tirage. — Le nettoyage des cuvettes ordinaires est souvent aussi bien assuré par les moyens simples que par les chasses de 4 et 8 litres d'eau, parfois impuissantes pour entraîner les matières et les papiers.

La consommation de l'eau de source va s'accroître dans une proportion considérable, d'où une nouvelle et lourde charge pour la propriété. Le compteur ne sert à rien pour réprimer le gaspillage, car ce n'est point le locataire qui paye, ou bien il donne au propriétaire une redevance fixe. Si l'on pouvait trouver un compteur à bon marché suffisamment exact, on arriverait probablement à en poser un exemplaire dans tous les appartements, et ce serait la mesure la plus efficace pour la répression du gaspillage.

Appareils destinés à réduire la consommation d'eau pour le fonctionnement du tout à l'égout. — On s'est naturellement préoccupé de la dépense considérable qu'allait imposer l'usage de l'eau de source pour le fonctionnement du tout à l'égout, et on a cherché les moyens de se servir de l'eau de rivière ou de puits, malgré sa pression insuffisante.

Élévation de l'eau par l'air comprimé, système Salmson.

— L'appareil se compose de deux réservoirs A et B qu'un appareil à piston, le distributeur D, met alternativement en communication avec l'air comprimé et avec le liquide à élever ; le fonctionnement est automatique. Le liquide à élever, l'eau propre ou sale par exemple, vient d'un niveau supérieur à l'appareil ; elle arrive par les boîtes à clapets *a* et *b* indiquées en pointillé, elle est refoulée par les tuyaux *t* et *t'*, munis aussi de clapets de retenue *c* et *d* et communiquant avec la conduite de refoulement.

L'air comprimé, dont le jeu est réglé par le distributeur, arrive dans les réservoirs par les soupapes K ou K'. Il est admis d'abord dans une boîte M à tiroir T ; le tiroir fait communiquer les parties supérieures des deux réservoirs l'une avec l'air libre, l'autre, avec l'air comprimé.

Le tiroir T est actionné par la tige d'un piston *p*, mobile dans le cylindre H, qui communique par un bout avec la partie inférieure du réservoir A par le tube E et par l'autre bout avec la partie inférieure du réservoir B par le tube F. Les obturateurs S et S' des deux tuyaux E et F sont liés à des flotteurs sphériques G et G' oscillant autour d'un

axe horizontal. D'autres flotteurs sphériques L et L' donnent le jeu aux soupapes K et K'.

Sur la figure, le réservoir A est vide et le réservoir B fonctionne ; l'air comprimé refoule peu à peu le liquide y contenu par le tube t'

Elevateur de liquides.

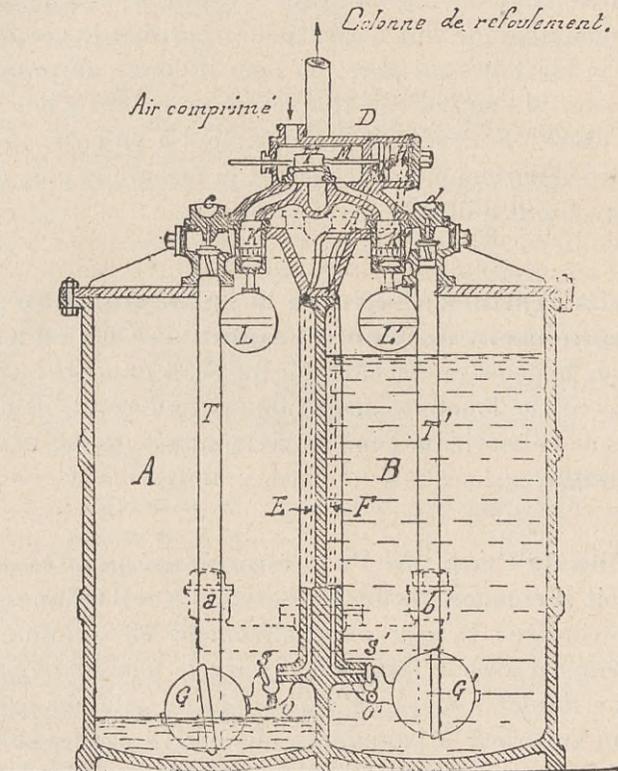


Fig. 56.

jusqu'à la conduite de refoulement. Quand le flotteur G' émerge, il tombe et entraîne l'obturateur S' ; l'air comprimé entre dans le tube F et vient agir sur le piston du cylindre H, le tiroir est déplacé, la cavité B est mise en communication avec l'atmosphère, la pression y tombe aussitôt et le refoulement du liquide s'arrête. Mais l'air comprimé arrive maintenant dans le réservoir A, qui s'est rempli pendant que son voisin était en décharge, et une nouvelle oscillation recommence.

Le refoulement est donc continu et automatique, mais on peut l'arrêter en fermant le robinet de la conduite d'air comprimé ou mieux

celui de la conduite de refoulement ; l'appareil reste amorcé. L'espace nuisible est environ 0,02 du volume total. Le volume d'air comprimé consommé est égal, sauf les pertes, à celui de l'eau refoulée, et cet air doit être à la pression qui correspond à la hauteur de refoulement augmentée des pertes de charge ; on interpose un détendeur convenable entre la canalisation d'air comprimé et l'appareil, s'il le faut ; la pression de 4 à 5 kilogrammes par centimètre carré que donne à Paris l'air comprimé n'est pas toujours nécessaire.

Le compteur d'air comprimé peut servir en même temps de compteur pour l'eau refoulée.

L'appareil peut être utilisé à Paris, dans les rues où existe la canalisation d'air comprimé, pour refouler soit l'eau des puits, soit l'eau de rivière et l'employer à l'alimentation des effets d'eau des cabinets et même des accumulateurs ; pour ceux-ci la même eau est employée indéfiniment. L'appareil peut encore servir comme pompe à incendie.

Nous avons visité plusieurs installations importantes effectuées par M. Salmson, et elles nous ont paru fonctionner d'une manière fort avantageuse ; quelques-unes ont plusieurs mois d'existence et n'ont donné lieu à aucun incident.

L'important est d'obtenir des flotteurs sphériques étanches ; les boules en verre ne sont pas mauvaises ; mais on adopte d'ordinaire des boules en maillechort, la soudure des calottes doit être très soignée, et le flotteur est essayé sous une pression de 8 atmosphères.

Une installation a été faite, passage Saint-Pierre-Amelot, pour alimenter 9 colonnes montantes et 110 robinets. L'appareil a coûté 1 500 francs, la mise en place 400 francs et le branchement d'air comprimé 600 : total 2 500 francs ; avec l'amortissement en 10 ans, l'intérêt à 5 0/0, la location du compteur et l'entretien, c'est une charge annuelle de 475 francs. L'appareil est noyé dans un puits et l'eau consommée ne coûte rien. Or, il faut 12 mètres cubes d'eau par jour, dont la moitié employée à des besoins industriels eût coûté 0^{fr},60 par jour le mètre cube (eau de source), et l'autre moitié 0^{fr},35 ; d'où une dépense annuelle de 2 080^{fr},50. On consomme maintenant par jour 12 mètres cubes d'air comprimé à pleine pression, soit à 0^{fr},12, qui coûte 525^{fr},60 par an ; ajoutant les 475 francs ci-dessus calculés, on réalise donc une économie annuelle de 1 079^{fr},90, avec un fonctionnement plus régulier et mieux assuré.

Un grand immeuble neuf du boulevard Saint-Germain comporte 2 ascenseurs, 2 monte-charges, 40 cabinets et 1 bouche d'arrosage ; la consommation d'eau journalière est de 22 mètres cubes, dont 5 mètres cubes pour le tout à l'égout, au prix de 0^{fr},35 en eau de source, et 17 mètres cubes pour les ascenseurs au prix de 0^{fr},60 ; d'où une dépense

annuelle de 4 301^{fr},75. L'appareil de refoulement a coûté 5 400 francs, et la dépense totale a été de 7 400 francs; l'amortissement en 10 ans, l'intérêt à 5 0/0, la location du compteur et l'entretien représentent une charge annuelle de 1 250 francs; la dépense journalière comprend 22 mètres cubes d'air comprimé à 0^{fr},12, plus 5 mètres cubes d'eau de l'Oureq à 0^{fr},15, en tout 3^{fr},39, ou 1 235^{fr},35 par an. Économie annuelle 1 810 francs. Elle est surtout considérable lorsqu'il y a des ascenseurs ou une consommation industrielle.

Il est clair que la canalisation d'eau de source est conservée pour les usages domestiques.

Dans une maison ordinaire, consommant 4 mètres cubes d'eau par jour pour le tout à l'égout, l'installation coûterait 590 francs dans une cave et 690 francs dans un puits, correspondant à une charge annuelle de 153^{fr},50. L'air, détendu à 2^{kg},95, coûterait 0^{fr},07 le mètre cube. La dépense annuelle s'élèverait à 244^{fr},50 avec un puits, et à 461^{fr},20 avec l'eau de l'Oureq; avec l'eau de source elle est de 511 francs, d'où une économie de 266^{fr},50 en utilisant un puits. Si l'on ne dispose pas d'un puits, l'économie n'est pas suffisante pour justifier l'installation.

L'emploi du système n'est évidemment pratique que lorsqu'on dispose d'une canalisation d'air comprimé et lorsque le prix de vente de l'eau est très élevé.

ENLÈVEMENT ET DESTRUCTION DES ORDURES MÉNAGÈRES

Autrefois les ordures ménagères, même dans les grandes villes, pourrissaient dans les cours, sur la voie publique, dans les fosses à fumier, et constituaient des foyers de puanteur et d'épidémie.

Il n'est plus guère de ville ni de bourg qui n'ait son service d'enlèvement. Les habitants déposent chaque matin dans la rue, aux points indiqués, les ordures de la veille; chacun balaye la partie de rue qui lui incombe et balaye même le ruisseau au moment où fonctionnent les bouches d'arrosage. A Paris, le balayage est fait par le service de la voirie, et les propriétés sont frappées à cet effet d'une lourde charge, impôt dissimulé; les ordures ne sont pas déposées en tas, mais réunies dans des caisses, ce qui facilite l'enlèvement et empêche l'éparpillage sur la voie publique. Dans les autres villes, tout est réglé par des arrêtés municipaux; une police vigilante suffit à en assurer l'exécution.

Les ordures sont enlevées par des tombereaux, on en sépare par triage les tessons, les pierres et les métaux, et on les met en tas dans les champs où elles fermentent et se transforment en engrais. Ces gadoues pendant leur longue fermentation dégagent parfois une odeur

nauséabonde; mais, en réglementant les dépôts, on peut à la rigueur remédier au mal.

Ce service simple est en somme le meilleur dans la plupart des cas, et il est probable qu'il persistera longtemps encore. Du reste, il donne dans la plupart des villes françaises un produit utile à l'agriculture; la production considérable d'escarbilles de houille dans les villes anglaises enlève souvent aux ordures leur valeur fertilisante et conduit à les mettre en dépôts inutilisés ou à les détruire par le feu.

On trouvera dans *la Voie publique*, ouvrage de M. G. Lefebvre, des renseignements intéressants sur le service et sur le cahier des charges de l'enlèvement des ordures à Paris.

A Beauvais, l'entrepreneur doit enlever : les boues, immondices et résidus de toute nature, les ordures ménagères et autres, les tessons, verres et poteries cassés, les détritits des jardins, halles et marchés, la paille, les feuillages et les feuilles des promenades et plantations. Tout ce produit est la propriété de l'entrepreneur qui, s'il ne l'utilise pas immédiatement, doit le déposer sur des terrains placés à 300 mètres au moins de toute habitation, sans préjudice de l'application des règlements de salubrité. Les heures d'enlèvement sont fixées dans la matinée suivant les saisons, et l'itinéraire des tombereaux est fixé par l'Administration. Des pénalités sont prévues pour les infractions.

A Beauvais, pour une agglomération d'à peine 20 000 habitants, compris casernes et collèges, il y a 6 tombereaux qui fonctionnent tous les jours et qui enlèvent 16 à 24 mètres cubes de détritits, soit 7 500 mètres cubes par an, ou 1/2 mètre cube par an et par tête. La dépense annuelle ressort à 11 000 francs, soit 1^{fr},45 par mètre cube ou 0^{fr},75 par tête.

La richesse proportionnelle des ordures comme engrais a plutôt tendance à diminuer, vu la multiplication des matières solides et des matières d'emballage jetées à la rue; la quantité de papier va sans cesse croissant. Cette quantité de papier est favorable à l'incinération de la masse, dont nous parlerons plus loin.

Organisation du service dans les villes anglaises. —

M. Percy-Boulnois a décrit cette organisation dans *la Technologie sanitaire*.

Les ordures sont réunies : 1° dans des bacs fixes en maçonnerie, mais le nettoyage est difficile et la décomposition s'y développe rapidement; 2° ou dans des réceptacles métalliques parfois montés sur roues, faciles à laver; 3° ou dans des fosses fixes ménagées sur le bord des rues, c'est la méthode la plus suivie, mais elle donne lieu à des abus, les fosses servent toute la journée et le contenu en est bou-

leversé par les chiffonniers; 4° ou dans des réceptacles publics appropriés à cet usage, système qui convient aux quartiers populeux.

L'ensemble des immondices, ordures et débris de tout genre varie, suivant les villes, de 250 kilogrammes à 1 000 kilogrammes par tête et par an; les cendres et les escarbilles y entrent pour une grande proportion, aussi la masse n'a-t-elle aucune valeur agricole. On la dépose le plus souvent dans des terrains vagues ou dans des fosses, et elle se transforme en remblai. A Liverpool, on conduisait le tout à la mer et la destruction ainsi pratiquée revenait à 2 francs la tonne.

Incinération des ordures ménagères. — Il était donc naturel que le système de destruction par le feu prit naissance en Angleterre.

Le four le plus connu est le four Fryer, breveté en 1877, perfectionné par M. Hewson; on cite aussi le four Warner, employé à Newcastle et à York. Le four Horsfall est entré en pratique à Berlin et à Hambourg, et le four Neldrum fonctionne depuis 1894 à Rochdate.

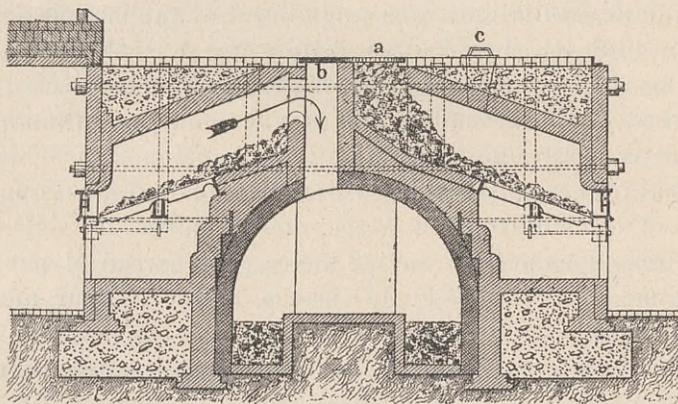


Fig. 57.

La figure 57 représente le four Fryer; il comprend plusieurs cellules à sole inclinée, recouvertes d'une voûte-réverbère en briques réfractaires. Les matières sont introduites en *a* par un orifice annulaire et descendent jusqu'à la grille; chaque cellule est divisée en son milieu, suivant la ligne de plus grande pente, par un mur vertical en briques, et le courant de la combustion remonte d'un côté, comme le montre la flèche, pendant que les matières à détruire descendent de l'autre; le produit de la combustion gagne le carneau inférieur, grande voûte avec murs de chicane où se déposent les poussières entraînées.

Une température très élevée, de 900 à 1 200°, est produite dans les fours, grâce à l'injection de vapeur d'eau ou d'air; elle est en moyenne

de 1 100° et détruit facilement tous les gaz nocifs. Le courant gazeux en combustion est utilisé pour chauffer des générateurs de vapeur et produire de la force motrice.

Un four Horsfall, brûlant 6 000 kilogrammes d'ordures à l'heure, a engendré une puissance de 15 chevaux-vapeur environ.

Un kilogramme de détritüs peut donner facilement 1 kilogramme de vapeur.

De sorte que les ordures de certaines villes peuvent fournir le travail nécessaire soit à l'éclairage électrique de plusieurs quartiers, soit à l'élévation d'une certaine quantité d'eau.

En Angleterre, on estime qu'une tonne de détritüs peut fournir 1, 2 cheval-vapeur pendant 24 heures ou donner à chaque habitant pendant 2 heures par jour une lampe électrique de 8 bougies.

Les laitiers solides et vitreux recueillis dans le foyer peuvent servir comme pouzzolanes pour les mortiers ou comme matériaux d'empierrement.

On a cherché aussi à condenser certains produits du courant gazeux en le faisant passer dans des chambres refroidies; on recueille du goudron, de l'ammoniaque, des produits sulfureux et cyanurés.

La Commission belge, instituée pour examiner la question, a rédigé un rapport complet, inséré à *la Technologie sanitaire* du 15 mars 1896, rapport dont voici la conclusion :

« Les localités de notre pays qui désireraient rendre leurs ordures inoffensives pour la santé publique et récupérer en même temps une partie de la dépense que le service occasionne n'auraient rien de mieux à faire que de recourir à un bon incinérateur et d'appliquer la chaleur qu'il fournirait à produire de la vapeur d'eau dont elles pourraient tirer parti soit pour le chauffage, soit pour obtenir une force motrice applicable à la production d'électricité pour l'éclairage ou à d'autres usages. »

Sans doute, cet avis convient aussi à un certain nombre de nos villes françaises; mais, en général, on peut s'en tenir longtemps encore au triage des détritüs et à l'utilisation agricole, tant que celle-ci sera possible et qu'on trouvera à placer les détritüs chez les cultivateurs.

APPENDICE

SOMMAIRE. — Résumé de la législation et de la jurisprudence sur les distributions d'eau : communes agissant comme simples particuliers, communes agissant avec une déclaration d'utilité publique ; l'établissement d'aqueducs et de conduites est une expropriation et non une occupation temporaire. — Des sources ; dérivation de sources avec déclaration d'utilité publique. — Prises d'eau dans les rivières navigables ou flottables et dans les canaux. — Prises d'eau dans les rivières non navigables ni flottables. — Les Eaux de Paris font partie de la grande voirie. — Caractère des entreprises de distributions d'eaux, société civile et non commerciale, patente, enregistrement, impôt foncier, polices d'abonnement. — Pose des tuyaux sous la voie publique. — Police. — Type de règlements pour concessions d'eau.

Tuyaux en fonte à cordon et emboîtement, C. E. type de la ville de Paris : tableau des poids, devis et cahier des charges de la fourniture des tuyaux en fonte. — Devis et bordereau des prix des travaux de fontainerie, type de la ville de Paris.

Table I, vitesses en fonction des hauteurs de chute.

Table II, donnant diverses racines ou puissances du rayon des tuyaux avec la valeur du coefficient b_1 de Darcy pour tuyaux depuis longtemps en service.

Table III, débits, sections, vitesses et charges correspondantes dans les tuyaux de divers diamètres ; table calculée par l'auteur à l'aide des expériences de Darcy.

Table IV, relations entre les volumes d'eau à écouler suivant l'unité de temps.

RÉSUMÉ DE LA LÉGISLATION ET DE LA JURISPRUDENCE SUR LES DISTRIBUTIONS D'EAU

Dans notre *Dictionnaire administratif des Travaux publics*, nous avons traité avec détails les diverses questions que soulèvent l'usage et la distribution des eaux ; nous voulons seulement en présenter ici un résumé rapide.

Communes agissant comme simples particuliers. — Il arrive parfois qu'une commune agit en cette matière comme le ferait un simple particulier : elle prend les eaux dans un puits, dans une source qu'elle possède à titre privé, ou elle pratique une prise dans une rivière non navigable dont elle est riveraine. On avait admis jusqu'à présent que la commune était alors soumise au droit commun et relevait uniquement des tribunaux civils en cas de contestations avec ses voisins. Elle avait les avantages de cette situation, mais elle en avait aussi les inconvénients, car elle ne pouvait recourir à l'expropriation et était exposée à voir ses travaux modifiés ou supprimés

par autorité de justice. Elle a donc avantage à recourir à une déclaration d'utilité publique, et elle est presque toujours forcée de le faire quand elle a des droits à acquérir, des propriétés à traverser.

Du reste, le Conseil d'État et le Tribunal des Conflits semblent portés à ne plus distinguer le cas où une commune agit comme un particulier et celui où elle agit comme personne publique. Cette solution nous paraît la seule logique ; du moment où il y a travail d'utilité publique, pourquoi deux jurisprudences basées sur des questions de forme ? Voici deux arrêts récents sur la matière :

En détournant une source, dont elle était propriétaire, une commune a diminué la force motrice d'un moulin. Le conseil de préfecture s'était déclaré incompétent pour apprécier le dommage, sous prétexte que la commune n'avait fait qu'user de son droit de propriétaire et que le dommage ne résultait pas de l'exécution même des travaux. Mais le Conseil d'État, 5 mai 1893, n'a pas admis cette interprétation ; il a considéré que l'usage des eaux et les travaux d'adduction forment un tout inséparable, que la circonstance d'acquisition de la source par voie amiable n'enlevait pas à l'opération son caractère de travail public, et que, par conséquent, il appartenait bien au conseil de préfecture d'apprécier si ce travail était le simple exercice du droit conféré par l'article 641 du Code civil ou s'il donnait ouverture à une action en dommage en vertu de la loi de pluviôse an VIII.

Les hospices de Bagnoles avaient entrepris les travaux d'adduction d'une source que des propriétaires d'aval prétendaient prendre naissance non dans le terrain des hospices, mais dans le lit d'un cours d'eau non navigable. — Les travaux avaient été du reste régulièrement approuvés et avaient même fait l'objet d'un décret déclaratif d'utilité publique après avoir été commencés. — Le 26 mai 1894, le tribunal des Conflits a rendu l'arrêt suivant :

« Les travaux n'ont entraîné la dépossession d'aucune partie de la propriété des réclamants, sise à l'aval de la prise d'eau ; aucune voie de fait n'a été commise sur leur immeuble ; dès lors, quelle que soit la décision de l'autorité judiciaire, seule compétente sur le point de savoir si la source dont les eaux ont été détournées a son siège sur le terrain des hospices ou dans le lit de la rivière, ainsi que sur la nature et l'étendue du droit prétendu des demandeurs, non sur le lit même du cours d'eau, mais sur les eaux qui y coulent, l'atteinte que l'exécution des travaux a portée à ce droit, lequel ne saurait constituer en aucun cas un droit de propriété proprement dite, ne peut légalement constituer qu'un dommage permanent dont la réparation est du ressort de la juridiction administrative. »

Déclaration d'utilité publique. — Pour arriver à une déclaration d'utilité publique, la commune fait dresser un projet régulier, qui est soumis au Comité central d'Hygiène publique, comme nous l'avons indiqué au chapitre v. — Un décret prononce la déclaration d'utilité publique après enquête poursuivie dans la forme de l'ordonnance de 1835, si une seule commune est intéressée, et de l'ordonnance de 1834, si le travail intéresse plusieurs communes.

La commune peut alors recourir pour l'expropriation à la loi de 1841, et les dommages résultant de ses travaux sont réglés par le conseil de préfecture, sauf recours au Conseil d'État.

L'établissement des aqueducs et conduites est une expropriation et non une occupation temporaire. — Ainsi jugé par le Conseil d'État, le 3 février 1859. — C'est donc conformément à la loi du 3 mai 1841 sur l'expropriation que l'indemnité doit être réglée. — En fait, il vaut toujours mieux dans ce cas acquérir une bande de terrain de 2^m,50 ou 3 mètres de large permettant la circulation en cas de réparations, sauf à laisser aux riverains le droit de passage.

Des sources. — Elles appartiennent au fonds qui les a vues naître et sont régies par les articles suivants du Code civil :

ART. 641. — Celui qui a une source dans son fonds peut en user à sa volonté, sauf le droit que le propriétaire du fonds inférieur pourrait avoir acquis par titre ou par prescription.

ART. 642. — La prescription, dans ce cas, ne peut s'acquérir que par une jouissance non interrompue pendant l'espace de trente années, à compter du moment où le propriétaire du fonds inférieur a fait et terminé des ouvrages apparents destinés à faciliter la chute et le cours de l'eau dans sa propriété.

ART. 643. — Le propriétaire de la source ne peut en changer le cours, lorsqu'il fournit aux habitants d'une commune, village ou hameau, l'eau qui leur est nécessaire ; mais, si les habitants n'en ont pas acquis ou prescrit l'usage, le propriétaire peut réclamer une indemnité, laquelle est réglée par experts.

Les sources ne sont pas soumises au pouvoir réglementaire de l'Administration.

Le maître du fonds sur lequel une source prend naissance peut en disposer absolument à son gré, la détourner, la vendre, etc., sans que les voisins puissent invoquer l'article 645 du Code civil. Les fonds voisins ne peuvent revendiquer que les droits acquis par titre ou par prescription ; la prescription trentenaire ne s'acquiert que par des ouvrages *apparents* exécutés ou débouchant sur le fonds même de la source, tels qu'un aqueduc, une rigole. Le droit acquis par prescription ne constitue qu'une servitude et non une propriété.

Inversement, le propriétaire voisin peut pratiquer sur son fonds toutes tranchées ou fouilles, tous travaux de captation, susceptibles de couper les griffons de la source ou la nappe souterraine; il peut donc réduire ou annuler le débit d'une source ou d'un puits, sans être tenu d'aucune réparation.

Il est donc prudent, lorsqu'on acquiert une source, d'acquérir en même temps une zone suffisante de protection, ou d'imposer aux riverains l'obligation de ne rien faire qui puisse nuire au cours des eaux.

Une source qui sert à un village ne peut être détournée par son propriétaire; mais ce droit est valable seulement si la source est nécessaire, et non pas simplement utile, et si elle est nécessaire à la généralité des habitants. Le droit à l'eau comporte le droit à la servitude de passage; il ne s'applique qu'aux besoins domestiques, c'est-à-dire à l'alimentation de l'homme et des animaux.

Quand une source est diminuée ou tarie par l'exécution d'un travail public, tranchée de route ou de chemin de fer par exemple, le Conseil d'État admet pour le propriétaire de la source le droit à une indemnité qui est réglée par le Conseil de Préfecture dans la forme ordinaire. Cette décision a été prise en vertu du principe que « les règles du Code civil ne sont pas applicables aux relations entre les particuliers et l'administration lorsque celle-ci n'agit pas à titre privé ». Remarquons cependant que ce principe n'a pas été poussé jusqu'au bout en ce qui touche les captations d'eau par les communes, puisqu'elles conservent les droits du Code civil lorsqu'elles opèrent sur leur domaine privé sans intervention d'une déclaration d'utilité publique. Il vaudrait mieux, à notre avis, poser le principe d'une manière absolue.

Dérivation de sources avec déclaration d'utilité publique.

— Lorsqu'une source est dérivée, les usagers inférieurs du cours d'eau éprouvent un dommage, la chute des usines est réduite: la perte de puissance est généralement faible, puisqu'une dérivation de 75 litres à la seconde, qui convient déjà à une grande ville, ne représente qu'un cheval-vapeur pour chaque mètre de chute. D'après le Code civil, les usagers inférieurs n'ont droit à aucune indemnité; mais, s'il y a déclaration d'utilité publique, soit par un décret, ce qui est le cas ordinaire, soit par une loi, ce qui a été le cas des dérivations de l'Avre et du Loing pour la ville de Paris, l'Administration impose à la ville, en échange des avantages et prérogatives qu'elle lui confère, l'obligation de prendre à sa charge la réparation de tous les dommages. Cette réparation est fixée non par les tribunaux civils, mais par la juridiction administrative.

Toutes les questions de propriété ou de servitudes qui peuvent être soulevées sont, avant tout, soumises à la juridiction civile.

Prises d'eau dans les rivières navigables ou flottables et dans les canaux. — Ces rivières sont dans le domaine public. Une prise d'eau ne peut y être établie sans l'autorisation préalable de l'Administration ; c'est le préfet qui autorise les prises d'eau qui, eu égard au volume des cours d'eau, n'auraient pas pour effet d'en altérer sensiblement le régime ; les autres sont autorisées par le pouvoir central ainsi que les prises d'eau dans les canaux.

Les prises d'eau sur les rivières navigables, comme sur les canaux, donnent lieu à des redevances perçues au profit du Trésor. La redevance est parfois réduite à 1 franc par an, afin d'établir la précarité de l'autorisation. Le domaine public étant inaliénable et imprescriptible, toute autorisation est nécessairement précaire et révocable, mais la révocation ne peut être prononcée que dans l'intérêt public.

Prises d'eau dans les rivières non navigables ni flottables. — Elles sont autorisées par le préfet après accomplissement des formalités prescrites par le pouvoir central.

L'usage, dans les conditions ordinaires, est régi par les articles 644-645 et 714 du Code civil.

ART. 644. — Celui dont la propriété borde une eau courante, autre que celle qui est déclarée dépendance du domaine public par l'article 538, peut s'en servir à son passage pour l'irrigation de ses propriétés.

Celui dont cette eau traverse l'héritage peut même en user dans l'intervalle qu'elle y parcourt, mais à la charge de la rendre, à la sortie de son fonds, à son cours ordinaire.

ART. 645. — S'il s'élève une contestation entre les propriétaires auxquels ces eaux peuvent être utiles, les tribunaux, en prononçant, doivent concilier l'intérêt de l'agriculture avec le respect dû à la propriété ; et, dans tous les cas, les règlements locaux et particuliers sur le cours et l'usage des eaux doivent être observés.

ART. 714. — Il est des choses qui n'appartiennent à personne et dont l'usage est commun à tous.

Des lois de police règlent la manière d'en jouir.

L'eau courante étant d'un usage commun à tous, tous ont le droit d'y puiser de l'eau pour l'alimentation de l'homme et des animaux, d'y laver le linge, d'y abreuver le bétail. Mais il appartient à l'autorité municipale d'en régler l'usage dans l'intérêt de l'hygiène et de la salubrité ; ainsi le maire peut interdire le lavage du linge en certains points. Le droit de puiser de l'eau n'emporte pas la servitude de passage, ni la servitude d'abreuvement.

Le droit à l'eau est, du reste, personnel à la propriété riveraine ; une ville pourrait bien faire une prise d'eau en rivière pour ses besoins

publics, mais non pour la vendre aux particuliers. Dans ce cas, elle a toujours la ressource de recourir à une déclaration d'utilité publique, mais elle devient responsable des dommages causés aux usagers par le détournement; dans la pratique, il faut considérer maintenant cette responsabilité comme une règle générale.

Les eaux de Paris font partie de la grande voirie. — Il a été jugé à plusieurs reprises par le Conseil d'État que les eaux de Paris font partie du domaine public et de la grande voirie; elles ne sont pas soumises aux règles et juridictions ordinaires applicables aux cours d'eau privés; les concessions qui ont pu en être faites sont révocables, sauf à la ville à restituer la finance qu'elle a touchée.

La Compagnie générale des Eaux est établie dans le but de distribuer et de vendre pour le compte de la ville les eaux dont celle-ci est propriétaire; c'est une société purement civile, et non commerciale; les contestations entre elle et les particuliers ne relèvent donc pas de la juridiction consulaire, mais uniquement des tribunaux civils. Les contestations avec la Ville relèvent du conseil de préfecture; il s'agit d'un marché de travaux publics.

Caractère des entreprises de distribution d'eau. — Ce sont des entreprises de travaux publics; les difficultés qu'elles soulèvent doivent être portées devant la juridiction administrative. Une contestation pour honoraires entre une ville et un ingénieur relève du Conseil de Préfecture.

Si l'exploitation est faite par une Compagnie, cette Compagnie est purement civile et non commerciale, et ses contestations avec les particuliers ne relèvent que des tribunaux civils; la concession d'eau à un particulier est un contrat de droit commun.

Lorsque la concession accordée à une Compagnie ou à un entrepreneur n'a pas constitué à son profit un privilège exclusif, la commune reste libre d'établir une nouvelle distribution; mais d'ordinaire il y a privilège, et une nouvelle distribution ne peut être établie sans indemnité.

On ne peut exproprier une distribution d'eau concédée, puisqu'il ne s'agit pas d'une propriété immobilière; il convient donc de prévoir les clauses de rachat dans l'acte de concession; généralement, le rachat est basé, comme pour les chemins de fer, sur le produit net des cinq dernières années.

Le service de distribution d'eau entrepris par une ville est un service communal qui ne saurait tomber sous l'application de l'article 1^{er} de la loi du 25 avril 1844; une ville ne peut donc être imposée à la *patente*,

mais le concessionnaire ou l'entrepreneur d'une distribution d'eau doit être porté au rôle.

Les travaux de construction sont, comme tous les travaux communaux, passibles du droit *d'enregistrement* proportionnel; ce droit est de 1 0/0, et 1,25 avec le double décime et demi.

L'impôt foncier est payé pour les réservoirs et usines suivant la valeur locative, au taux principal de 3,2 0/0; il faut ajouter la taxe de mainmorte, qui est de 87,5 0/0 du principal.

Les *polices d'abonnement* sont passibles de la taxe d'enregistrement, de 2 0/0.

Pose des tuyaux sous la voie publique. — La pose des tuyaux est autorisée pour les diverses voies par les autorités compétentes: préfet pour les routes nationales ou départementales et pour les chemins de grande communication et d'intérêt commun, maire pour les autres. L'État exige d'ordinaire une redevance annuelle fixée à 0^{fr},02 par mètre courant.

Le préfet, en matière de permission de voirie, est tenu de prendre l'avis du maire. En revanche, l'article 98 de la loi du 5 avril 1884 permet au préfet d'autoriser directement la pose des canalisations sur les voies urbaines, lorsque le refus du maire n'est pas justifié par l'intérêt général.

Certaines communes, ayant concédé un monopole pour distribution d'eau ou de gaz, ont cherché un faux-fuyant pour délier leur marché: elles ont accordé ou laissé accorder par le préfet des autorisations de pose de canalisations nouvelles à un concurrent; elles prétendaient ainsi respecter strictement leur marché. L'Administration a voulu mettre fin à cette fraude, ou du moins en laisser la responsabilité aux villes qui tenteraient d'y recourir. Une circulaire du 15 août 1893 des deux ministres de l'Intérieur et des Travaux publics prescrit aux préfets de ne donner l'autorisation de poser une canalisation qu'aux communes intéressées; si celles-ci cèdent leur droit indûment à un tiers, elles s'exposent à une action de la part du concessionnaire primitif.

Police. — La police et la réglementation de l'usage des eaux rentrent dans les pouvoirs de l'autorité municipale, et les contraventions donnent lieu à l'application des peines de simple police.

Quant à la dégradation des ouvrages, qui, à l'exception de ceux de Paris, n'appartiennent pas à la grande Voirie, elle tombe sous le coup de l'article 257 du Code pénal: « Quiconque aura abattu, mutilé ou dégradé des monuments, statues et autres objets destinés à l'utilité ou à la

décoration publique, et élevés par l'autorité publique ou avec son autorisation, sera puni d'un emprisonnement d'un mois à deux ans et d'une amende de 100 à 500 francs. »

Les eaux font partie du domaine public communal; elles sont inaliénables; les concessions sont donc essentiellement précaires et révocables, et les conditions auxquelles elles sont faites peuvent être révisées quand il plaît aux communes. L'inaliénabilité entraîne l'imprescriptibilité.

VILLE DE CHALONS-SUR-MARNE

Règlement et tarif des abonnements aux eaux de la Ville

(1893)

ARTICLE PREMIER. — *Abonnement*

La durée de l'abonnement est de deux ans.

Les abonnements partent du premier de chaque mois.

Toute demande d'abonnement faite par un locataire devra être expressément ratifiée par le propriétaire de l'immeuble.

Tout abonné qui voudra faire cesser sa concession d'eau sera tenu d'en faire sa déclaration écrite trois mois avant l'expiration de son abonnement.

Faute de cette dénonciation, l'abonnement se poursuivra pour une nouvelle période d'une année.

L'Administration pourra résilier l'abonnement dans les mêmes conditions que l'abonné.

Dans le cas où, par suite de force majeure, le propriétaire d'un immeuble n'aurait plus besoin d'eau, soit que cet immeuble vienne à être détruit par un incendie, soit pour toute autre cause, ou qu'il cesserait d'être habité, l'intégralité des deux années d'abonnement ne sera pas due; mais l'abonnement en cours de l'année commencée sera exigé jusqu'à trois mois après la cessation de la fourniture des eaux, ainsi que les frais que la ville aurait pu faire en pure perte pour établir le branchement.

Les frais de timbre et d'enregistrement des polices d'abonnements seront à la charge des abonnés.

ART. 2. — *Mode de délivrance des eaux*

L'eau sera distribuée au choix de l'abonné et d'après l'un des trois modes suivants :

- 1° A robinet libre;
- 2° A la jauge, le volume d'eau concédé étant fourni par écoulement continu pendant chaque journée de 24 heures;
- 3° Au compteur.

Les concessions à robinet libre donneront aux abonnés la faculté de prendre à toutes les heures du jour et de la nuit la quantité d'eau nécessaire à leurs besoins par un robinet de puisage entièrement à leur disposition. Ce robinet devra être un robinet à vis, afin d'éviter les coups de bélier dans la canalisation.

Dans ce cas, la quantité d'eau concédée est basée sur l'évaluation suivante :

Par personne et par jour.....	30 litres
Par cheval, mulet ou bête à corne.....	75 —
Par voiture de luxe à 2 roues.....	40 —
— 4 roues.....	75 —
Par mètre carré de cour ou jardin d'agrément } compris les allées.....	73 litres par an, soit 0 ^l ,2 par jour.
Par mètre carré de jardin potager compris les } allées.....	183 litres par an, soit 0 ^l ,5 par jour.

La concession au robinet libre n'excédera pas 2 000 litres par jour; toute concession supérieure à 2 000 litres sera délivrée au compteur seulement.

La quantité de 30 litres par personne et par jour est fixée exclusivement pour les besoins du ménage; par conséquent, toutes les professions, boutiques, etc., entraînant une dépense d'eau en dehors des besoins du ménage seront taxées suivant leur importance.

Toutefois, l'Administration se réserve le droit de fixer elle-même le mode d'abonnement dans le cas où l'abonné possédant une maison attenante à son jardin voudrait ne prendre l'abonnement que pour les besoins exclusifs soit de la maison, soit du jardin.

Lorsqu'un entrepreneur prendra l'eau nécessaire à une construction, la redevance à payer sera fixée selon l'importance de la construction, que l'eau soit délivrée à un robinet libre ou qu'elle soit puisée aux bornes-fontaines publiques.

L'Administration pourra imposer un compteur à toute concession dont l'évaluation ne rentrerait pas dans celles fixées plus haut.

Il sera loisible à tout concessionnaire de prendre un compteur.

Seront assujettis au compteur :

Les établissements publics de l'État, du département, les maisons d'éducation, les communautés et établissements de même nature, les négociants en liquides, entrepositaires, les entrepreneurs de bains, les industriels ayant des machines à vapeur, les brasseurs, les fabricants d'eaux gazeuses, les limonadiers, les lessiveurs, les loueurs de chevaux et de voitures, les jardiniers, les maraîchers, etc.

Les jardins ou immeubles dans lesquels sont ou seront établis des sources, jets d'eau, cascades ou réservoirs, devront être munis d'un compteur, à moins que les abonnés ne préfèrent un double abonnement.

Les compteurs dont l'emploi est autorisé seront de l'un des systèmes suivants :

Systèmes Frager, Kennedy et Frost-Tavenet, et tous autres compteurs qui seraient admis par l'Administration.

Le compteur sera fourni par l'abonné et posé à l'intérieur de la propriété, à l'abri de la gelée, d'un accès commode pour que la lecture en puisse être faite très facilement. Il sera plombé avec l'empreinte du cachet de la Ville; la rupture de l'un de ces cachets par le fait de l'abonné ou de ses agents pourra donner lieu à une action judiciaire.

La ville pourra fournir aux abonnés des compteurs et se charger de l'entretien suivant les conditions fixées à l'article 4.

La ville ne sera tenue à l'installation d'une concession que dans le cas où une conduite desservirait la rue où est situé l'immeuble, ou à moins que les abonnements souscrits à l'avance représentent au moins 7 0/0 de la dépense. Dans tous les cas, cette installation ne pourra être autorisée qu'autant que les finances municipales le permettront.

ART. 3. — *Prix des concessions à robinet libre et à la jauge*

Les prix des concessions à robinet libre et à la jauge sont fixés ci-après :

		par an.	par trimestre.
A.	Jusqu'à 200 litres par jour et pendant un an...	30 ^{fr}	7 ^{fr} 50
B.	Au-dessus de 200 litres jusqu'à 300 litres.....	45	11 25
C.	— 300 — — 400 —	55	13 75
D.	— 400 — — 600 —	80	20 »
E.	— 600 — — 800 —	95	23 75
F.	— 800 — — 1 000 —	110	27 50
G.	— 1 000 — — 1 500 —	135	33 75
H.	— 1 500 — — 2 000 —	160	40 »

Toute demande d'eau de moins de 200 litres sera refusée.

ART. 4. — *Abonnements au compteur*

Les prix des abonnements au compteur sont fixés comme il suit :

	le mètre cube
Jusqu'à 200 litres par jour.....	0 ^{fr} 40
Au-dessus de 200 litres jusqu'à 600 litres.....	0 35
— 600 — — 1 000 —	0 30
— 1 000 — — 2 000 —	0 25
— 2 000 — — 3 000 —	0 20
— 3 000 —	0 18

Dans le cas où le décompte de l'eau au compteur par trimestre serait inférieur à 7^{fr}, 50, cette dernière somme serait due comme représentant le taux trimestriel d'abonnement minimum ; elle ne comprend ni location, ni entretien du compteur.

Le coût au mètre cube pour chacun des abonnements au compteur ne sera appliqué qu'autant que le décompte en résultant sera inférieur au montant minimum de l'abonnement immédiatement supérieur.

L'Administration, sur la demande des concessionnaires, pourra se charger de la fourniture et de l'entretien des nouveaux compteurs moyennant les redevances fixées ci-après :

DIA MÈTRE D'OUVERTURE des compteurs	DÉBIT JOURNALIER maximum	LOCATION ET ENTRETIEN		ENTRETIEN	
		par an	par trimestre	par an	par trimestre
10 millimètres.....	800 litres.	11 ^{fr} , 20	2 ^{fr} , 80	3 ^{fr} , 60	0 ^{fr} , 90
15 —	1 500 —	14 »	3 50	3 80	0 95
20 —	4 000 —	18 »	4 50	4 »	1 »
30 —	12 000 —	24 »	6 »	4 60	1 15
40 —	30 000 —	36 »	9 »	5 20	1 30

Les redevances ci-dessus ne s'appliquent pas aux réparations des dégâts provenant de la gelée ou toute autre cause étrangère à l'Administration, ni au remplacement des pièces usées après un fonctionnement de plus de cinq années.

L'entretien des compteurs se fera toujours par l'Administration, moyennant la redevance fixée ci-dessus, même dans le cas où le compteur sera fourni par l'abonné.

ART. 5. — *Paiement des abonnements*

Les abonnements sont payables par trimestre, quel que soit le mode d'abonnement, et à terme échu, les trimestres se terminant fin mars, fin juin, fin septembre et fin décembre.

Le paiement sera fait à la caisse du receveur municipal.

ART. 6. — *Cas de non-paiement*

A défaut de paiement régulier aux époques indiquées, le service d'eau sera suspendu, pour l'abonné en retard, jusqu'au paiement du terme échu, sans que pour ce fait, le prix de l'abonnement cesse de courir au profit de l'Administration et sans préjudice des poursuites à exercer contre le concessionnaire.

ART. 7. — *Interdictions*

Il est formellement interdit à tout abonné, sauf le cas d'incendie :

1° De disposer ni gratuitement, ni à prix d'argent, ni à quelque titre que ce soit, en faveur d'un tiers, de la totalité ou d'une partie des eaux qui lui sont fournies, ni même du trop plein de son réservoir ;

2° D'ouvrir les regards ou bouches renfermant les appareils de jaugeage et de prise, de manœuvrer lesdits appareils, de faire usage des clefs de l'Administration ou même de les conserver en dépôt.

Toutefois, l'Administration fera déposer une clef chez le plus proche voisin de chaque bouche d'incendie pour n'en faire usage qu'en cas de sinistre ;

3° D'établir aucun branchement entre le robinet de prise et l'appareil de vérification de jaugeage ;

4° D'employer l'eau livrée à d'autres usages que ceux définis sur l'abonnement et de laisser couler l'eau en pure perte.

Tous les concessionnaires pourront établir des branchements pour le cas d'incendie.

Ceux dont les immeubles sont munis d'un compteur pourront les établir sur le tuyau d'amenée avant le compteur. Les orifices de ces branchements seront fermés par des vannes avec cachet qui ne pourra être brisé qu'en cas de sinistre ; avis devra en être donné à l'Administration dans les vingt-quatre heures.

Le bris du cachet sans nécessité sera passible de dommages-intérêts en raison du préjudice causé.

ART. 8. — *Interruption de service*

En cas d'interruption momentanée de la fourniture des eaux occasionnée par la gelée, par la réparation des tuyaux ou par d'autres travaux, il ne sera dû de remise que pour une période excédant deux jours.

La remise sera basée sur la perte d'eau éprouvée.

Les accidents imprévus et de force majeure dégagent l'Administration de toute responsabilité.

Tout arrêt d'eau du fait de l'abonné ou résultant de quelque défectuosité de son branchement et de ses accessoires, quelle qu'en soit la durée, ne donnera lieu à aucune indemnité.

Il en serait de même si la concession était fermée par l'Administration par suite de l'inobservation du règlement par le concessionnaire.

ART. 9. — *Responsabilité des abonnés*

Les abonnés sont exclusivement responsables envers les tiers de tous les dommages causés par l'établissement intérieur des eaux et par l'usage de leurs concessions.

ART. 10. — *Changements et mutations*

L'abonné pourra à son gré changer son mode d'abonnement, mais à fin de trimestre seulement : il devra en prévenir l'Administration huit jours à l'avance.

Les frais provenant de ces changements seront à la charge de l'abonné.

En cas de mutation entre vifs ou par décès, l'ancien abonné ou ses ayants cause demeurent responsables du paiement du prix et de l'exécution du règlement, tant que le successeur n'a pas pris régulièrement à son nom la concession soucrite.

ART. 11. — *Exécution des travaux sous la voie publique*

Tous les travaux de branchement sous la voie publique seront donnés gratuitement aux abonnés, et resteront la propriété de la ville.

Ces travaux de branchement comprendront : l'ouverture de la tranchée, le remblai, le pavage, le percement du mur, la fourniture et la pose du tuyau de plomb jusqu'à 1 mètre dans l'intérieur de la propriété, la fourniture et la pose de la bouche à clef et du robinet d'arrêt.

ART. 12. — *Exécution des travaux à l'intérieur des propriétés*

Tous les autres travaux d'installation intérieure seront exécutés pour le compte des abonnés et par un entrepreneur à leur choix, ainsi que :

Les canalisations réunissant le compteur au branchement, les robinets de barrage du compteur.

Le robinet de jauge sera fourni par l'Administration dans le cas d'abonnement à la jauge.

Afin de permettre à l'Administration le contrôle des compteurs, il sera établi par l'abonné un robinet de barrage après le compteur, et entre ce robinet et le compteur un robinet de prise pour le contrôle.

L'Administration sera tenue d'entretenir la partie des branchements située exclusivement sous la voie publique.

ART. 13. — *Surveillance et contrôle*

Le branchement et la distribution d'eau faisant l'objet de l'abonnement seront soumis, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur des immeubles, à la surveillance et au contrôle du Service des Eaux.

L'abonné ne doit apporter aucune entrave aux constatations périodiques ou exceptionnelles des agents du Service des Eaux ; il doit, au contraire, les faciliter sous peine d'arrêt immédiat de l'eau sans indemnité ni réduction de prix.

La vérification du compteur pourra être faite chaque fois que l'abonné ou l'Administration le jugeront nécessaire.

Il sera admis une tolérance en plus ou en moins de 3 0/0 sur les indications du compteur et de l'eau débitée.

Dans le cas où l'enlèvement d'un compteur serait jugé nécessaire pour y exécuter les réparations, l'eau débitée pendant ce temps sera décomptée suivant la moyenne journalière du trimestre correspondant de l'année précédente.

ART. 14. — *Contraventions*

Les contraventions au présent règlement seront constatées par des procès-verbaux dressés par les agents de l'Administration et poursuivies conformément à la loi.

ART. 15. — *Élection de domicile*

Pour l'exécution de la présente, l'abonné fait élection de domicile au siège même du branchement concédé et la ville de Châlons à l'Hôtel-de-Ville.

ART. 16

Le présent règlement sera mis en vigueur pour les nouveaux abonnés aussitôt son approbation, et pour les anciens abonnés à l'expiration de l'année de concession en cours lors de cette approbation.

ART. 17

Les concessions accordées en dehors du présent tarif devront être soumises à l'approbation du conseil municipal.

ART. 18

Les actes de concession seront rédigés dans la forme ci-après :

2° Les concessions pour entrepreneurs ;

3° Les concessions pour industries.

Concessions pour ménages

ART. 2. — Les concessions à robinet libre sont supprimées, tant pour le présent que pour l'avenir. En conséquence, à partir du jour de l'approbation préfectorale, non seulement il ne sera plus accordé d'abonnements à robinets libres pour ménages, mais tous les robinets libres actuellement en service seront supprimés et remplacés par des compteurs du type admis dans l'ordre et suivant le mode adopté par l'Administration municipale.

ART. 3. — Le compteur est fourni par la ville, à laquelle il appartient. En conséquence, il est insaisissable pour dettes de l'abonné, et nul, d'autre part, n'est autorisé à le déplacer, à en briser les cachets ou modifier l'installation telle qu'elle se comportera, y compris même les accessoires payés par l'abonné à titre supplémentaire.

ART. 4. — Les frais de pose du compteur, d'une bride à l'autre et y compris les boulons, ne sont point à la charge de l'abonné.

Toutefois, l'abonné devra payer une somme fixe de 6 francs, montant des frais relatifs à l'établissement d'un robinet d'arrêt en avant du compteur, d'un robinet de vidange de la caisse à eau, d'une grille de décantage qui n'ont point été compris dans le prix de l'adjudication.

Si la pose du compteur exige une planchette, des consoles, des tuyaux, des robinets et, généralement, des fournitures ou travaux quelconques en dehors de ceux indiqués, les frais en seront supportés en totalité par l'abonné dans les conditions de prix indiquées par le tarif spécial approuvé par le Maire.

ART. 5. — L'abonnement au compteur se composera d'une partie fixe, constituant un minimum exigible, quelle que soit la quantité d'eau consommée par l'abonné, et d'une partie proportionnelle.

La partie fixe sera de 1 franc par mois, avec droit à une consommation de 70 litres d'eau en moyenne par jour.

La partie proportionnelle sera établie d'après la quantité d'eau dépensée au-delà de cette moyenne, au prix de 0^{fr},27 le mètre cube.

ART. 6. — Le prix de 1 franc par mois comprendra la pose et, au besoin, l'enlèvement du compteur, à expiration de concession, son entretien et son remplacement, s'il y a lieu.

Toutefois, il est entendu que l'abonné est responsable des avaries survenues à l'appareil et qu'il eût pu éviter, telles que celles résultant des chocs, gelées, etc.

ART. 7. — On entendra par compteur de ménage, dans les conditions qui viennent d'être dites, celui qui, dans une période réelle d'activité de cinq années, n'aura pas dépensé plus de 1 000 mètres cubes d'eau.

Dans le cas où cette quantité d'eau serait dépassée, il sera considéré comme compteur industriel et devra être acheté et entretenu par l'abonné.

ART. 8. — Il pourra être consenti des abonnements à robinet libre, soit annuels, soit temporaires, pour les entrepreneurs de constructions.

L'abonnement temporaire est fixé au prix de 2 francs par jour.

L'abonnement annuel est fixé au prix de 50 francs pour entrepreneurs de plâtrerie et cimentage; de 100 francs pour entrepreneurs de maçonnerie de gros œuvre. Dans ces diverses conditions, ils auront le droit de prendre de l'eau chez l'abonné où les constructions, s'exécuteront, et, à cet effet, on lui donnera à ce moment un supplément gratuit, s'il est nécessaire.

Des prises spéciales pourront même être autorisées pour transporter l'eau au lieu de l'emploi, à la condition que l'entrepreneur s'engage à prévenir le Service des

Eaux, du moment où ses constructions seront achevées, afin qu'il soit procédé à la remise en état des lieux.

Dans le cas contraire, il serait passible de l'application de l'abonnement de 2 francs par jour non férié, du jour où les travaux ont cessé au jour de la constatation.

ART. 9. — Des permissions de recueillir de l'eau aux bornes-fontaines publiques à l'aide de tonneaux pourront être accordées par l'Administration municipale aux conditions particulières et dans la forme suivante :

Le sieur..... est autorisé à prendre quotidiennement de heures du à heures du à la borne-fontaine située à la quantité de litres d'eau, moyennant une redevance fixée au double du prix ordinaire du tarif.

Le mois commencé sera payé intégralement.

Le permissionnaire devra, en outre, se conformer aux prescriptions suivantes :

Le puisage à la borne-fontaine sera interrompu toutes les fois qu'il se présentera une personne pour prendre de l'eau à la borne-fontaine ;

Le stationnement des tonneaux ne devra gêner en aucune façon la circulation sur la voie publique ;

Les dégradations causées aux bornes-fontaines par le défaut du permissionnaire seront à sa charge ;

Les autorisations délivrées pourront toujours être retirées par l'Administration, en prévenant l'intéressé 24 heures à l'avance.

Dans ce cas, le prix de la concession ne sera dû que pour la durée de la jouissance.

Abonnements industriels au compteur

ART. 10. — Tout abonné ayant une industrie soumise à une patente supérieure à 80 francs, et dont la consommation présumée ne devra pas être supérieure à 10 hectolitres par jour, aura droit de prendre un compteur. Dans ces conditions, le prix minimum sera de 40 francs par an, avec droit de consommer 4 hectolitres en moyenne par jour, le surplus étant payé à raison de 0^{fr},27 le mètre cube.

Pour toute industrie consommant plus de 1 mètre cube, l'emploi du compteur pourra être autorisé, mais à titre précaire et révocable. Le prix de l'eau sera de 25 0/0 supérieur au prix du tarif pour robinets de jauge.

La ville se réserve le droit d'exiger la pose d'un robinet de jauge en^s avant du compteur, ainsi que d'un réservoir, de manière à donner un écoulement constant, si les besoins du service l'exigeaient ; le compteur n'étant, dans ce cas, utile que pour le paiement de la quantité réelle dépensée au-delà de 4 hectolitres.

Le robinet précédant le compteur serait alors jaugé de manière à donner un tiers en plus que la consommation journalière probable de l'abonné.

ART. 11. — Tout industriel dont la patente sera au plus égale à 80 francs, pourra, sur sa demande, être classé dans la catégorie des abonnements de ménage.

Abonnements à la jauge

ART. 12. — Les concessions à la jauge seront accordées pour usages domestiques industriels ou autres pour lesquels la consommation journalière probable dépassera 4 hectolitres.

Elles seront faites pour une quantité déterminée d'hectolitres d'eau par 24 heures qui sont livrés par un robinet de jauge à jet continu, conforme au modèle actuellement déposé à la Mairie, ou qui pourra être accepté par l'Administration municipale.

Comme tous les appareils de délivrance, il sera fourni et posé par l'entrepreneur de la ville et poinçonné par le Service des Eaux.

Ce robinet sera placé à l'entrée de la conduite dans la propriété sur un point faci-

lement accessible aux agents de la ville, et le jaugeage sera toujours fait en ce point.

Il ne sera point accordé de concession au-dessous de 4 hectolitres.

La taxe de la concession est fixée ainsi qu'il suit, d'après l'importance de cette concession, pour l'année entière :

NOMBRE D'HECTOLITRES fournis par 24 heures	PRIX de L'HECTOLITRE	MONTANT de L'ABONNEMENT	NOMBRE D'HECTOLITRES fournis par 24 heures	PRIX de L'HECTOLITRE	MONTANT de L'ABONNEMENT
4	10 »	40 »	60	6 50	390 »
5	10 »	50 »	70	6 »	420 »
6	10 »	60 »	80	5 70	456 »
7	10 »	70 »	90	5 40	486 »
8	10 »	80 »	100	5 »	500 »
9	10 »	90 »	120	4 80	576 »
10	10 »	100 »	140	4 60	644 »
12	9 »	108 »	160	4 40	704 »
14	9 »	126 »	180	4 20	756 »
16	9 »	144 »	200	4 »	800 »
18	9 »	162 »	250	3 50	875 »
20	9 »	180 »	300	3 »	900 »
25	8 »	200 »			
30	8 »	240 »			
40	7 50	300 »			
50	7 »	350 »			

Pour toute quantité supérieure à 300 hectolitres, le prix est fixé à 3 francs l'hectolitre.

Pour toutes les concessions inférieures à 6 hectolitres par 24 heures, qui ne peuvent être utilisées que pour les usages domestiques, le prix de la concession est réduit à 7 francs l'hectolitre.

Pour les buanderies et établissements de bains publics dont les tarifs auront été approuvés par l'Administration, le prix de la concession est réduit à 2 francs l'hectolitre, quel que soit le volume concédé.

ART. 13. — Des suppléments d'eau pourront être accordés aux industriels qui le demanderont. La Ville restera juge de la possibilité de faire cette fourniture, laquelle sera comptée au triple du tarif de l'abonnement permanent. Toute fourniture de supplément d'eau ne pourra être inférieure à la somme de 10 francs.

Les suppléments peuvent être délivrés au moyen d'un compteur branché sur la conduite intérieure alimentant le robinet de jauge et en avant de ce robinet.

L'eau prise en supplément au moyen de ce compteur sera taxée à 50 0/0 en plus du tarif payé par l'abonné pour sa consommation normale au robinet de jauge.

Toutefois, ces suppléments au compteur ne seront accordés qu'à titre précaire et révocable.

NOTA. — Nous n'avons pas reproduit les titres suivants qui n'offrent pas d'intérêt particulier.

VILLE DE GRENOBLE

Règlement général et tarifs des abonnements aux eaux des fontaines publiques (1888)

§ I

Abonnement

DEMANDES, FORME ET DURÉE

ARTICLE PREMIER. — Caractère des eaux

Les eaux dérivées des diverses sources appartenant à la Ville de Grenoble, amenées et distribuées par ses soins et à ses frais, sont inaliénables et imprescriptibles ;

elles sont notamment consacrées aux fontaines publiques, aux bornes-fontaines, aux fontaines monumentales, à l'arrosage, au nettoyage, à l'assainissement et à la décoration de la cité, à l'alimentation des pompes à incendie, etc. ; mais, après avoir satisfait à ces divers usages publics, l'Administration municipale peut disposer de l'excédent des eaux en faveur des habitants, au moyen d'abonnements réguliers, temporaires et à prix d'argent. Ces abonnements ne pourront être demandés que dans les rues où la Ville aura posé une conduite d'eau ou dans les rues qui en sont dépourvues, lorsque les intéressés se conformeront aux dispositions indiquées ci-après.

ART. 2. — Demandes

Les formules imprimées seront délivrées gratuitement, par le Service des Eaux, à tous les intéressés qui désireront obtenir une concession d'eau, ces demandes indiqueront les usages auxquels les eaux seront consacrées.

ART. 3. — Forme et durée des abonnements

Les abonnements sont consentis par polices, soumises à la formalité du timbre et de l'enregistrement. Les polices d'abonnement sont personnelles, elles sont rédigées pour le service déterminé dans la demande.

Aucun abonnement n'est consenti pour moins d'une année, et l'abonné ne peut y renoncer pendant la durée de la police.

Pour messieurs les Officiers, sujets à des déplacements de garnison, l'abonnement pourra cesser en payant une indemnité de trois mois d'abonnement après le jour de la fermeture.

Lorsqu'un abonné changera de logement dans le courant de l'année, son abonnement pourra être transféré dans le nouveau local, mais le prix de l'abonnement ne pourra être réduit pour l'année courante.

Les abonnements sont contractés avec les propriétaires ou les usufruitiers des immeubles ou avec les locataires, mais, dans ce dernier cas, avec le consentement du propriétaire ou usufruitier.

§ II

Modes de délivrance des eaux

ART. 4. — Mode de délivrance des eaux

Le mode de délivrance des eaux sera appliqué, selon les circonstances spéciales au service qu'il s'agira d'établir. Il aura lieu d'après l'un des systèmes suivants :

- 1° Au robinet libre à écoulement intermittent ;
- 2° Au robinet de jauge à écoulement constant et continu ;
- 3° Au compteur à écoulement continu ou intermittent.

ART. 5. — Robinet libre et intermittent

L'abonnement à robinet libre et intermittent est concédé pour le service exclusif du ménage ; il est desservi par un robinet placé sur l'évier, auquel l'abonné ne doit adapter aucun tuyau ou appareil fixe pour remplir les réservoirs alimentant les lavabos, toilettes, lieux, bains, etc. L'adjonction d'un pas de vis aux robinets de service est aussi formellement interdite. Le robinet d'évier est ordinairement calibré à un débit de 5 litres par minute ; il ne doit être ouvert qu'au moment où l'abonné a besoin de prendre l'eau.

Les abonnements à robinet libre ne sont pas applicables aux appartements ou locaux dans lesquels l'eau peut être utilisée pour les besoins du commerce ou de l'industrie, et notamment dans les locaux occupés par les aubergistes, baigneurs,

boulangers, marchands d'herbes, bouchers, brasseries, cafetiers, cercles, charcutiers, coiffeurs et parfumeurs, confiseurs, débits de boissons, épiciers, fabricants de liqueurs et distilleries, hôtels garnis, jardiniers, lavoirs, lithographes, imprimeurs, machines à vapeur ou à gaz, maîtres d'hôtels, marchands de vin ou de vinaigre, mégisiers, pâtisseries, pensions bourgeoises, pharmaciens, photographes, restaurateurs, tanneurs, teinturiers, etc., et à tous les établissements où l'eau peut être employée à d'autres usages que ceux du ménage. Les concessionnaires seront tenus, dans ce cas, d'adopter, soit l'abonnement à la jauge, soit celui au compteur.

Des robinets supplémentaires à écoulement libre et intermittent sont aussi accordés dans les cours des maisons et sont destinés uniquement aux usages domestiques des habitants de la maison ; il sera également concédé des robinets supplémentaires à écoulement libre et intermittent pour le service des lavabos, water-closets, bains, douches, écuries et pour les écoulements temporaires livrés aux constructeurs et aux forains.

Ces robinets ne peuvent être ouverts qu'au moment où l'abonné a besoin de prendre l'eau, il est donc expressément interdit de les laisser ouverts d'une façon continue, inutile ou abusive.

Enfin, il sera encore accordé des abonnements pour des prises d'incendie. Les scellés qui recouvrent la prise seront brisés seulement au moment de l'incendie et rétablis ensuite par les soins de l'Administration.

ART. 6. — *Robinet de jauge*

L'abonnement au robinet de jauge est consenti pour toutes les consommations domestiques ou industrielles autres que celles desservies par le robinet décrit à l'article 5.

Cet abonnement est desservi par un robinet dont le modèle est approuvé par la Ville et qui fournit à l'abonné, par un écoulement continu, en 24 heures, la quantité d'eau pour laquelle l'abonnement a été consenti ; l'eau est généralement reçue dans un réservoir où l'abonné puise au fur et à mesure de ses besoins ; ce réservoir est notamment muni d'un robinet à flotteur, d'un trop-plein avec grille, etc. La Ville recommande en outre, et pour fermer l'arrivée de l'eau, en cas de besoin, l'installation d'un robinet d'arrêt placé immédiatement après le robinet de jauge.

L'abonnement au robinet de jauge, pour usages industriels, ne peut être consenti pour une quantité inférieure à 1 litre $1/2$ à la minute, soit 2 160 litres par jour de 24 heures.

Les robinets de jauge sont réglés par les agents de la Ville, il est interdit à l'abonné, sous peines de tous dommages-intérêts et de suppression de l'abonnement, d'en augmenter le débit.

Les robinets de jauge doivent être placés, sur les indications des représentants de la Ville, à l'entrée de la propriété occupée par l'abonné, c'est-à-dire au point le plus rapproché de la voie publique et dans un endroit facilement abordable.

ART. 7. — *Compteur*

Le compteur devra être établi à l'intérieur de la propriété de l'abonné, il sera de l'un des systèmes adoptés par l'Administration. Cet appareil sera placé dans un lieu de facile accès et à l'abri de la gelée. Il sera soumis à l'expérimentation préalable et poinçonné par les agents de la Ville.

Il est expressément interdit à l'abonné d'apporter aucune modification dans les organes du compteur et de ses accessoires.

Dès qu'il se manifesterait le moindre dérangement dans le fonctionnement du compteur, l'abonné sera tenu d'en informer les agents du Service des Eaux, et de

faire les réparations nécessaires sous la surveillance de ces derniers. Si la réparation n'est pas terminée dans un délai de 8 jours, l'abonné sera tenu de placer un compteur de rechange agréé par l'Administration. L'eau consommée pendant les réparations sera évaluée d'après la moyenne des quatre dernières constatations.

Les raccords sur les tuyaux à l'arrivée et à la sortie du compteur seront plombés avec l'empreinte du cachet de la ville.

Les quantités d'eau débitées par le compteur seront constatées à la fin de chaque trimestre, et plus souvent, si l'Administration le juge convenable.

Les relevés seront faits contradictoirement sur un registre spécial.

NOTA. — Les articles 8 à 27 ne sont pas reproduits.

II. — TARIFS DES ABONNEMENTS

I. — Abonnements domestiques intermittents

ABONNEMENT A ROBINET LIBRE INTERMITTENT

Par ménage et pour un seul robinet

Le prix de cet abonnement est réglé en raison du prix de location et du nombre de personnes qui habitent l'appartement; les enfants au-dessus de 7 ans sont compris, ainsi que les domestiques.

1° Pour location de 300 francs et au dessus jusqu'à 1 000 francs

Pour un ménage de une personne	24 fr.
Pour chaque personne en sus.....	2
Le ménage de 10 personnes paiera, par conséquent,.....	42

2° Pour location inférieure à 300 francs

Pour un ménage de une personne	12 fr.
Pour chaque personne en sus	1

3° Pour location supérieure à 1 000 francs

Pour un ménage de une personne.....	30 fr.
Pour chaque personne en sus.....	2

Dans ce dernier cas, le robinet aura un débit de 1 litre de plus à la minute.

NOTA. — Dans les appartements, ateliers, magasins, établissements, etc., où il y a plus de 10 personnes, l'abonnement est fourni au robinet de jauge, au prix du tarif ci-après, et l'abonnement minimum est de 44 francs.

II. — Robinets supplémentaires intermittents

L'abonnement simple du § 1 ne donne droit qu'à un seul robinet; les orifices supplémentaires de distribution, dans le même appartement, sont tarifés comme il suit, quels que soient le prix de location et le nombre de personnes :

Siège à effet d'eau.....	5 fr.
1 robinet pour baignoire.....	12
— lavabos	10
— jet en cas d'incendie.....	10
1 prise pour pompe à bière automatique.....	12
1 bouche d'arrosage pour trottoir (ces bouches ne seront accordées que pour les trottoirs sur la voie publique).....	12
1 bouillon d'eau (au niveau du sol) pour cour	10
1 robinet d'écurie pour un cheval.....	10
— chaque cheval en sus	8

1 robinet d'écurie pour chaque bœuf, vache.....	5
1 robinet d'écurie pour chaque porc, brebis, mouton	2

Le lavage à la lance des chevaux et voitures est interdit.

OBSERVATIONS. — Le robinet supplémentaire ne peut être accordé qu'autant que le concessionnaire a déjà un abonnement principal soit de ménage, soit à la jauge ou au compteur.

III. — Concessions temporaires

Fourniture temporaire d'eau pour construction ou pour service provisoire, prix au mètre cube, 0^{fr},50.

Le minimum de l'abonnement est de 0^{fr},50 par jour, lors même que le débit en 24 heures n'atteindrait pas 1 mètre cube. Les frais d'établissement des branchements provisoires sont à la charge de l'abonné.

IV. — Fontaines de cour

Le prix de cet abonnement est établi d'après le nombre de ménages habitant la maison ; les ménages payant moins de 300 francs de location, et ceux ayant un abonnement particulier ne sont pas comptés.

Prix par ménage (quel que soit le nombre de personnes)..... 15 fr.

Minimum de l'abonnement..... 44

Le débit est continu et varie suivant le prix de l'abonnement, à raison de 1 litre pour chaque 15 francs d'abonnement.

L'usage de ce robinet est expressément réservé à la consommation domestique et ménagère ; il est interdit à la consommation industrielle.

Lorsque, dans une maison, tous les locataires auront des concessions particulières, le propriétaire pourra installer dans la cour un robinet dont le tarif sera établi aux prix et conditions de l'abonnement à la jauge ou au compteur.

Les fontaines placées dans un chemin privé et desservant plusieurs jardins sont assimilables aux fontaines de cour.

L'abonnement doit, dans tous les cas, être souscrit par le propriétaire.

V. — Robinets de palier

Pour chaque ménage payant moins de 300 francs de location 7^{fr},50

— — plus de 300 francs de location 15 »

Tous les ménages habitant la maison sont comptés, sauf ceux ayant un abonnement particulier.

Le minimum de l'abonnement pour un robinet est de..... 15 fr.

Le maximum..... 44

L'abonnement doit être souscrit par le propriétaire.

Le robinet est libre et intermittent.

VI. — Abonnements à la jauge ou au compteur

Prix du mètre cube d'eau écoulée..... 0^{fr},055

Minimum de l'abonnement 44 »

NOTA. — Le prix de 0^{fr},055 le mètre cube donne, avec le minimum 44 francs par an, un débit de 1 litre 50 à la minute, soit 800 mètres cubes par an ; au-delà de ce débit, chaque mètre cube sera payé à raison de 0^{fr},055.

Les robinets pour jardins ou pour maisons situées dans un jardin sont soumis à la jauge ou au compteur.

VII. — Concessions d'eau hors du territoire de la commune

Ces concessions ne peuvent être faites qu'à la jauge ou au compteur, à des prix doubles de ceux ci-dessus et après approbation du Conseil municipal.

Tous les frais de conduites, prises et embranchements sont à la charge du concessionnaire.

VILLE DE PARIS

Règlement concernant la concession des eaux de source

DÉLIBÉRÉ PAR LE CONSEIL MUNICIPAL DE PARIS, LE 13 JUILLET 1894, ET APPROUVÉ
PAR ARRÊTÉ DU PRÉFET DE LA SEINE LE 8 AOUT 1894

ARTICLE PREMIER. — Les concessions des eaux de source appartenant à la Ville de Paris sont assujetties aux engagements et conditions insérés dans le présent règlement.

TITRE PREMIER. — FORME DES ENGAGEMENTS

ART. 2. *Engagements annuels.* — Les eaux sont concédées en vertu d'engagements spéciaux toutes les fois que leur prise doit durer au moins une année.

Ces engagements partent des 1^{er} janvier, 1^{er} avril, 1^{er} juillet, 1^{er} octobre. Ils ne sont contractés que pour un an, mais ils continuent comme les baux, par tacite reconduction.

ART. 3. *Engagements temporaires.* — Les concessions d'eau temporaires sont faites à la demande des intéressés, moyennant déclaration de la durée probable et du montant approximatif de la concession.

TITRE II. — EMPLOI DES EAUX DE SOURCE

ART. 4. *Destination.* — Les eaux de source doivent être exclusivement consacrées aux besoins du ménage.

Il est interdit de les affecter aux usages industriels, à l'arrosage des jardins, au lavage des cours, des écuries et remises.

Il n'est fait d'exception que pour les industries touchant à l'alimentation, telles que cafés, débits de vins, brasseries, restaurants, établissements de consommation, fabriques et commerces de produits alimentaires, d'eaux minérales, etc., dans lesquelles les eaux de source devront être employées, ou pour les usages exigeant une permanence ou une importance de pression qui ne pourrait être assurée par les conduites d'eau de rivière.

Les constructeurs futurs devront, à première réquisition par l'Administration, procéder à l'installation d'une conduite d'amenée destinée à l'alimentation en eau de rivière.

ART. 5. *Substitution des eaux de rivière aux eaux de source.* — Les eaux de source peuvent être remplacées par les eaux de Seine et de Marne quand leur approvisionnement est devenu insuffisant ou que leur distribution est rendue impossible par suite d'un accident imprévu ou d'un empêchement majeur.

TITRE III. — MODE DE LIVRAISON DE L'EAU

ART. 6. *Compteurs.* — L'eau sera prise, aussi bien pour les concessions temporaires que pour les concessions permanentes, par l'intermédiaire des compteurs.

ART. 7. *Prise sur la canalisation publique.* — Chaque propriété particulière devra avoir un branchement avec prise particulière sur la conduite de la voie publique. Le concessionnaire ne pourra conduire tout ou partie de l'eau à laquelle il a droit,

dans une propriété lui appartenant, que dans le cas où celle-ci serait adjacente à la première et aurait avec elle une cour commune.

Tout orifice pratiqué sur une conduite publique pour desservir une concession d'eau de source donnera lieu à une redevance annuelle de 6 francs à payer par le titulaire de la concession.

En seront exemptés les immeubles jouissant de la réduction de tarif stipulée à l'article 15 ci-après.

ART. 8. *Robinets d'arrêt.* — Le diamètre de chaque branchement à établir sur la conduite publique sera déterminé par l'Administration suivant l'importance présumée de la consommation.

A l'origine de chaque branchement sera placé, sous la voie publique, un robinet d'arrêt en égout et sous bouche à clef suivant le cas. Tout ancien branchement qui n'en serait pas pourvu devra l'être aux frais du concessionnaire dès que l'absence de cet appareil aura été constatée.

Un second robinet devra être placé dans l'intérieur et à moins de 1 mètre en amont du compteur. En outre, sur le tuyau de sortie du compteur, on devra établir une douille à raccord du type admis par l'Administration et un autre robinet d'arrêt, afin de permettre l'isolement de l'appareil et la vérification de son fonctionnement.

Les robinets d'arrêt intérieurs ne pourront être manœuvrés qu'au moyen d'une clé d'un modèle différent de celui en usage au service municipal.

ART. 9. *Travaux de premier établissement et d'entretien des branchements.* — Tous les travaux d'embranchement sur la conduite publique seront exécutés et réparés aux frais du concessionnaire par les soins de la Compagnie générale des Eaux, jusqu'au compteur exclusivement.

Le concessionnaire est propriétaire de ces ouvrages dont la conservation et la responsabilité restent à sa charge.

Les réfections de pavage et de trottoirs seront exécutées par les entrepreneurs de la voie publique, aux conditions de leur marché, et les autres travaux seront l'objet d'adjudications restreintes en plusieurs lots d'une durée de cinq ans au plus.

Les concessionnaires ne pourront s'opposer aux travaux d'entretien et de réparation des tuyaux et robinets établis pour le service de leurs engagements, lorsque l'Administration les aura reconnus nécessaires.

Au-delà du compteur, les concessionnaires pourront faire exécuter les travaux de distribution intérieure par les ouvriers de leur choix.

ART. 10. *Établissement du branchement.* — Dans tous les cas où la prise d'eau sera pratiquée sur une conduite posée sous galerie, le tuyau alimentaire devra être placé dans le branchement d'égout desservant l'immeuble, ou y être reporté dès que cet ouvrage aura été construit, et ce, aux frais du concessionnaire.

Ce tuyau devra, pour s'introduire dans la propriété, pénétrer dans le mur pignon de l'égout particulier, ou, s'il y a impossibilité, être dévié latéralement sous le trottoir le long de la façade de la propriété.

Dans ce cas, il sera contenu dans un fourreau étanche, en fonte épaisse, incliné vers l'égout particulier, dans lequel il devra déboucher librement. L'extrémité du fourreau, côté des maisons, sera lutée au mur de face.

Dans les circonstances où le propriétaire est dispensé de faire le branchement d'égout, la conduite d'amenée destinée à l'alimentation d'eau pourra être établie en tranchée, mais alors elle devra être mise en fourreau dans les conditions ci-dessus indiquées.

Lorsque la prise d'eau devra se faire sur une conduite posée en terre, les propriétaires auront à désigner sur place le point de pénétration du branchement dans l'immeuble.

Le branchement une fois exécuté, les concessionnaires ne seront plus recevables à réclamer au sujet du point de pénétration.

Lorsqu'une conduite publique primitivement établie en terre sera mise en égout, la prise du concessionnaire devra être reportée sur la nouvelle conduite, à ses frais et d'office, s'il y a lieu, dans un délai de 15 jours, après l'avis donné par l'Administration.

ART. 11. *Fourniture et pose de compteurs.* — Les compteurs sont à la charge des concessionnaires qui ont la faculté de les choisir parmi les systèmes approuvés par l'Administration. Les compteurs ainsi choisis ne pourront être mis en service qu'après avoir été vérifiés et poinçonnés par l'Administration.

Ils devront toujours être maintenus en état de bon fonctionnement et seront soumis, quant à l'exactitude et à la régularité de leur marche, à toutes les vérifications que l'Administration jugera devoir prescrire.

Les compteurs appartenant aux concessionnaires pourront être posés par leur entrepreneur particulier. Le joint du branchement d'arrivée sera plombé par les soins de l'Administration. Le compteur devra être placé à l'origine de la canalisation intérieure de l'immeuble en un endroit non exposé à la gelée, ou dans l'égout particulier, s'il est muré au droit de l'égout public. Il devra toujours être rendu accessible sans difficulté aux agents de l'Administration par l'intérieur de la propriété.

Il est formellement interdit au concessionnaire de faire aucune réparation aux compteurs et d'en changer la position en dehors de la présence d'un agent de la Compagnie ou de l'Administration.

Le diamètre des compteurs devra être en rapport avec l'importance de la consommation.

ART. 12. *Compteurs en location.* — La Compagnie des Eaux devra, sur la demande de tout titulaire d'une concession, soit lui fournir en location et entretenir les compteurs destinés à déterminer sa consommation d'eau, soit entretenir ceux de ces compteurs qui appartiendront au concessionnaire.

Mais, dans ce dernier cas, elle aura droit d'exiger que préalablement le compteur soit remis à neuf aux frais du concessionnaire et qu'il soit vérifié et repoinçonné par l'Administration.

Les prix annuels de location et d'entretien des compteurs seront fixés conformément au tarif ci-après :

Les prix ci-dessus seront réduits de moitié pour les compteurs de 10 ou 15 millimètres placés dans les maisons indiquées à l'article 13 ci-après.

DIAMÈTRE DES ORIFICES DES COMPTEURS	PRIX DE LOCATION	PRIX D'ENTRETIEN	PRIX DE LOCATION
			ET D'ENTRETIEN
10 millimètres.....	7 »	7 »	14
15 —	9 »	9 »	18
20 —	12 »	10 »	22
30 —	15 »	15 »	30
40 —	22 »	20 »	42
60 —	35 »	30 »	65
80 —	45 »	35 »	80

Les compteurs pris en location pour des concessions temporaires donneront

lieu, pour cette location et pour l'entretien, à une perception de 0^{fr},003 par jour et par millimètre de diamètre.

L'entretien ne comprend pas les frais de réparation motivés par la gelée ou par toute autre cause qui ne serait pas la conséquence de son usage. Ces frais sont à la charge du concessionnaire auquel incombe le soin de prendre les précautions nécessaires pour éviter les accidents dont il s'agit.

TITRE IV. — PRIX DE L'EAU

ART. 13. *Base du tarif des eaux de source.* — La quantité d'eau de source consommée sera payée à raison de trente-cinq centimes (0^{fr},35) par mètre cube d'après les indications du compteur.

Par exception, l'eau de source employée à faire mouvoir des engins mécaniques au moyen de la pression qu'elle possède dans la canalisation publique sera payée à part et à raison de soixante centimes (0^{fr},60) par mètre cube d'eau consommée, conformément aux indications d'un compteur par lequel elle devra passer isolément.

ART. 14. — Dans tout immeuble où les loyers matriciels des locaux habitables ne dépasseront pas 800 francs, le propriétaire pourra contracter pour la totalité desdits locaux un engagement d'eau de source dont le prix sera réglé à forfait ainsi qu'il suit :

6 francs	pour les logements au-dessous de 300 francs ;
9	— de 300 francs à 400 francs exclusivement ;
14	— de 400 francs à 640 francs exclusivement ;
20	— de 640 francs à 800 francs inclusivement.

Les locaux de commerce et ceux d'habitation ayant avec eux une communication intérieure ne seront pas compris dans l'évaluation des loyers et ne pourront jouir des engagements forfaitaires. Leur alimentation en eaux de source devra être entièrement distincte de celle des autres locaux, et leur consommation mesurée à part au moyen de compteurs, le tout conformément aux dispositions qui seront prescrites par l'Administration.

ART. 15. — Il sera accordé une réduction de prix de moitié sur le tarif énoncé à l'article 13, dans toutes les maisons dont la valeur matricielle ne dépassera pas 400 francs.

La même faveur sera étendue aux maisons d'un revenu supérieur à 400 francs et inférieur à 800 francs, mais à condition qu'elles aient plusieurs logements distincts dont un au moins en location.

ART. 16. — Les dispositions des deux articles précédents ne seront applicables qu'aux consommations ne dépassant pas 20 mètres cubes par an et par chaque personne habitant les immeubles y désignés. Les excédents seront payés à raison de 0^{fr},35 le mètre cube.

Le nombre d'habitants qui servira à calculer la partie de la consommation bénéficiant desdits articles sera fixé avant la signature de la police par l'Administration municipale, la Compagnie et les intéressés entendus.

Le nombre d'habitants ainsi arrêté ne pourra être changé ultérieurement que sur la demande de l'une des parties et par suite de modifications survenues dans les constructions de l'immeuble ou dans l'emploi des locaux qu'il renferme. Ce changement n'aura pas d'effet pendant l'année de l'engagement en cours, mais seulement à partir de son renouvellement.

TITRE V. — ÉPOQUE DES PAYEMENTS

ART. 17. *Eau et droit de prise.* — La consommation sera relevée sur les compteurs quatre fois par an, à des intervalles aussi réguliers que possible et son paye-

ment sera exigible dans un délai de quinze jours après chacune des constatations.

Au cas où il y aurait impossibilité de reconnaître la quantité d'eau consommée par suite de non-enregistrement du compteur ou de toute autre cause, la consommation sera calculée sur la moyenne de la dépense journalière pendant la période correspondante de l'année précédente et, à son défaut, sur la moyenne de la dépense journalière pendant l'année en cours.

Les engagements forfaitaires contractés en vertu de l'article 14 seront payés, d'avance et par moitié, au commencement de chaque semestre.

Le montant des fournitures d'eau temporaires est exigible d'avance, eu égard à la durée de la fourniture et à la quantité demandée.

En cas d'excédent de consommation, le paiement en sera effectué immédiatement ; il en sera de même en cas de prolongation à la durée de la fourniture.

Le montant du droit de prise sur la canalisation sera payé au commencement de chaque année.

ART. 18. *Travaux et location de compteurs.* — Dès que les travaux d'embranchement ou d'entretien auront été terminés, le décompte en sera dressé, puis, après acceptation des entrepreneurs, il sera notifié aux intéressés, qui devront en effectuer le paiement dans le mois qui suivra.

Les prix de location et d'entretien des compteurs se paieront, d'avance et par moitié, au commencement de chaque semestre.

Pour les concessions temporaires, ces prix seront payés en même temps que l'eau concédée.

ART. 19. *Sanction.* — Pour les engagements nouveaux, l'eau ne sera livrée que quand le montant des travaux de premier établissement, à la charge de l'intéressé, aura été soldé.

A défaut de paiement régulier et dans les délais indiqués, soit pour les travaux d'entretien, soit pour les fournitures d'eau, le service des eaux pourra être suspendu sans préjudice des poursuites qui pourront être exercées contre les débiteurs retardataires.

TITRE VI. — RÉLIATIONS ET MUTATIONS

ART. 20. *Cas de résiliation.* — Après l'expiration de la 1^{re} année, chacune des parties peut renoncer à la continuation de l'engagement à la fin d'un trimestre, en avertissant l'autre à la fin du trimestre précédent. Si le concessionnaire renonce au service de l'eau avant l'expiration de l'engagement, le prix de l'engagement n'en est pas moins exigible jusqu'au terme où il expire. En cas d'arrêt du service d'eau, par suite du défaut de paiement, l'engagement est résilié à dater de la fermeture du branchement.

ART. 21. *Mutation de propriété.* — L'engagement n'est pas résilié par le décès du concessionnaire ; il se poursuit avec les héritiers.

En cas de vente de l'immeuble desservi, l'engagement est résilié, mais le concessionnaire reste garant du prix de l'eau fournie après la mutation, pendant un délai de six mois après cette mutation, s'il n'a pas prévenu au préalable la Compagnie, sauf son recours contre son successeur qui aura joui des eaux.

ART. 22. *Conséquences de la résiliation.* — En cas de mutation, les ouvrages de prise d'eau sont transférés au successeur, par le simple effet de la substitution de l'engagement.

Lorsqu'il y a congé ou résiliation emportant cessation du service de l'eau, le branchement est immédiatement détaché de la conduite publique et l'orifice de prise d'eau est fermé avec une plaque pleine.

Cette opération est faite aux frais du concessionnaire qui peut, d'ailleurs,

demander l'enlèvement du tuyau de branchement et autres agrès posés sous la voie publique dans le cas où il en aurait la propriété.

Les matériaux provenant de la dépose lui seront remis, à la charge par lui de payer les frais de ce travail, ainsi que ceux des fouilles et raccordements.

Dans le cas où la résiliation aurait pour cause le défaut de paiement des sommes dues par le concessionnaire, celui-ci sera tenu, jusqu'à ce qu'il soit complètement libéré, de laisser le branchement à sa place. La ville aura le droit de s'en servir pour mettre l'eau à la disposition d'un nouveau concessionnaire et d'exiger de celui-ci, en échange, les sommes dues par l'ancien concessionnaire, jusqu'à concurrence de la valeur totale dudit branchement.

TITRE VII. — CONDITIONS GÉNÉRALES

ART. 23. *Irresponsabilité de la ville.* — Les variations de pression, la présence d'air dans les conduites publiques, les arrêts d'eau momentanés, prévus ou imprévus, ne pourront ouvrir en faveur des concessionnaires aucun droit à indemnité ni à aucun recours contre la ville de Paris, notamment en ce qui concerne l'usage de l'eau pour la marche des engins mécaniques ; il est formellement stipulé que les concessionnaires devront prendre à leurs risques et périls toutes dispositions nécessaires pour éviter les accidents qui résulteraient des faits indiqués ci-dessus et supporteront sans réclamations les inconvénients qui en seraient la conséquence.

Il en sera de même pour les interruptions du service résultant soit des gelées, des sécheresses et des réparations de conduites, aqueducs et réservoirs, soit du chômage des machines ou de toute autre cause analogue, ainsi que de la substitution temporaire des eaux de Marne et de Seine à l'eau de source.

Toutefois les concessionnaires auront le droit de signaler ces faits au Bureau des Eaux de leur arrondissement dont la situation sera indiquée dans la police, et d'y inscrire leur réclamation sur un registre déposé à cet effet.

ART. 24. *Responsabilité des concessionnaires.* — Les propriétaires étant libres de disposer leur canalisation intérieure et les appareils desservis par l'eau de la ville, dans les conditions et avec les matériaux qu'ils jugeront convenables, sont exclusivement responsables envers les tiers de tous les dommages auxquels l'établissement, l'existence et le fonctionnement de leurs conduites ou appareils pourront donner lieu.

Ils auront également à leur charge les consommations qui proviendraient des fuites visibles ou non, ayant pris naissance sur la canalisation intérieure.

ART. 25. — *Frais de timbre et d'enregistrement.* — Les frais de timbre et d'enregistrement des polices sont supportés par le concessionnaire.

TITRE VIII. — MESURES D'ORDRE ET DE POLICE

ART. 26. *Clefs.* — Il est interdit aux concessionnaires de faire usage des clefs de robinets du modèle de celles de l'Administration ou même de les conserver en dépôt.

ART. 27. *Surveillance et inspection.* — Le concessionnaire ne pourra rien changer aux dispositions primitivement arrêtées au moment de sa mise en jouissance, à moins d'en avoir préalablement obtenu l'autorisation.

Il ne pourra non plus s'opposer à la visite, au relevé et à la vérification des compteurs.

La distribution d'eau dans l'intérieur des propriétés particulières et dans les appartements sera constamment soumise à l'inspection des agents de la Compagnie et de l'Administration.

ART. 28. *Interdiction de mise en communication de deux natures d'eau.* — Toute communication entre les canalisations intérieures d'eaux de nature différente est formellement interdite. Si les agents de l'Administration constatent qu'il en a été établi, par infraction à cette clause, le service d'eau de rivière sera suspendu d'office jusqu'à ce que la communication ait été supprimée par les soins du concessionnaire, sans préjudice des poursuites auxquelles l'infraction pourra donner lieu.

ART. 29. *Interdiction de céder les eaux.* — Il est formellement interdit aux concessionnaires de laisser embrancher sur leurs conduites aucune prise d'eau au profit d'un tiers.

Les eaux de la Ville de Paris étant des eaux publiques, inaliénables et imprescriptibles, ne pouvant faire l'objet d'aucun commerce, ne sont concédées aux propriétaires qu'à la condition d'en user seulement pour leur usage personnel et celui de leurs locataires : il leur est donc interdit d'en disposer ni gratuitement ni à prix d'argent, en faveur de tout autre particulier ou intermédiaire. Il leur est également interdit d'imposer, sous aucun prétexte, à leurs locataires, pour la fourniture de l'eau, une redevance supérieure à celle qu'ils ont eux-mêmes à payer.

ART. 30. *Interdiction de rémunérer les agents.* — Il est défendu de rémunérer ou de gratifier, sous quelque prétexte et sous quelque dénomination que ce puisse être, aucun agent attaché à la distribution.

ART. 31. *Sanction.* — Toute infraction aux mesures d'ordre et de police qui précèdent sera constatée par des agents assermentés qui en dresseront procès-verbal. Elle fera ensuite l'objet de poursuites devant les tribunaux compétents. Indépendamment de l'amende encourue, pour contravention aux règlements, les concessionnaires pourront être condamnés à payer à la ville, à titre de dommages-intérêts, une somme qui est fixée par avance à 300 francs.

TITRE IX. — MESURES TRANSITOIRES ET DIVERSES

ART. 32. *Délai d'application du présent règlement.* — Les dispositions du présent règlement sont appliquées :

1^o A tous les engagements nouveaux d'eau de source qui seront contractés après la date de sa publication ;

2^o Et successivement à tous les engagements existants, qui devront être renouvelés après congé donné dans les délais permis et fixés par les polices.

ART. 33. *Établissements publics.* — Le présent règlement est applicable dans toutes ses parties aux établissements publics dépendant des administrations du département de la Seine et de la Ville de Paris et à ceux de l'État, en tant qu'il n'y aura pas été formellement dérogé par des conventions spéciales passées à cet effet.

ART. 34. *Abrogation des règlements.* — Les règlements antérieurs sur la délivrance des eaux sont abrogés par la mise en exécution du présent règlement dans toutes les dispositions qui lui sont contraires.

Tableau indiquant la consommation moyenne journalière qu'il est prudent de ne pas excéder pour assurer à un compteur en général une longue durée de bon fonctionnement sans réparation.

CALIBRES	POUR CONSUMMATION JOURNALIÈRE	CALIBRES	POUR CONSUMMATION JOURNALIÈRE
0,010 m/m	de 500 à 800 litres.	00,40 m/m	de 12 000 à 30 000 litres.
0,015 »	de 800 à 1 500 —	00,60 »	de 30 000 à 80 000 —
0,020 »	de 1 500 à 4 000 —	00,80 »	de 80 000 à 200 000 —
0,030 »	de 4 000 à 12 000 —	01,00 »	de 200 000 à 500 000 —

VILLE DE RENNES

*Écoulement des eaux-vannes et ménagères dans les égouts***Tarifs de droit de chute à l'égout et d'établissement
des branchements particuliers**

(Arrêté municipal de 1881)

Vu le traité passé avec la *Compagnie générale des Eaux*, le 26 janvier 1881, pour l'établissement et l'exploitation du réseau d'égouts de la Ville de Rennes, traité qui a été approuvé par le conseil municipal et l'autorité supérieure :

Vu les délibérations municipales en date des 6 novembre 1880 et 5 octobre 1881 ;

Vu les lois des 16-24 août 1790, 18 juillet 1837 et 24 juillet 1867 ;

Vu la circulairé de M. le Ministre de l'Intérieur du 1^{er} juillet 1840 ;

Vu l'art. 471 du Code pénal ;

Vu les art. 379 à 422 et 992 et suivants du Code de police de la Ville de Rennes ;

Vu les arrêtés des 24 novembre 1854, 29 février 1856 et 1^{er} août 1862 ;

Vu le règlement de police concernant les fosses d'aisance en date du 12 décembre 1845 ;

Considérant que, jusqu'à ce jour, l'écoulement des eaux ménagères et des eaux-vannes dans les égouts n'a été qu'une simple tolérance de la part de l'Administration ;

Considérant qu'il importe, au point de vue de la salubrité publique, de prescrire les mesures propres à assurer l'exécution des règlements :

ART. 1. — Tous les branchements particuliers existant à ce jour sont supprimés en principe.

ART. 2. — Tout propriétaire désirant s'embrancher sur les égouts devra satisfaire aux conditions énoncées ci-après.

ART. 3. — Les maisons non embranchées sur les égouts devront posséder une fosse-morte étanche et inodore, dont les dimensions seront telles que la vidange soit nécessaire au plus une fois par an.

ART. 4. — Les demandes pour établissement de branchements particuliers devront être adressées à la *Compagnie générale des Eaux*, dont les bureaux sont installés boulevard de la Liberté, 24.

ART. 5. — Il sera payé, entre les mains de ladite Compagnie, pour droit de chute des eaux pluviales, ménagères et vannes, une taxe annuelle calculée ainsi qu'il suit :

1 ^o Pour toutes les maisons dont la valeur cadastrale est inférieure à 50 fr.	5 fr.
2 ^o Pour celles dont la valeur est de 50 à 200 francs une redevance de 5 francs plus 10 0/0 de la valeur locative cadastrale en sus de 50 francs. Maximum	20
3 ^o De 200 francs à 500 francs 10 francs plus 8 0/0 de la valeur locative cadastrale en sus de 50 francs. Maximum....	46
4 ^o De 500 francs à 1 000 francs, 20 francs plus 6 0/0 de la valeur locative cadastrale en sus de 50 fr. Maximum.....	77
5 ^o De 1 000 francs à 2 000 francs 60 francs plus 2 0/0 de la valeur locative cadastrale en sus de 50 francs, Maximum....	99
6 ^o De 2 000 francs, à 3 000 francs, redevance annuelle fixe	150
7 ^o De 3 000 francs, et au dessus, redevance annuelle fixe..	300

ART. 6. — La Compagnie concessionnaire sera tenue de construire, aux frais des intéressés, tous les branchements particuliers ; mais il est bien entendu que chaque propriétaire devra s'engager à ce que son conduit ne déverse que les

Il y a des majorations de poids pour les bouts d'extrémité, les coudes, manchons et tés à tubulure.

La dernière adjudication de la Ville de Paris a fait ressortir à 0^{fr},145 le prix de la fourniture du kilogramme de fonte. En comptant dans un projet à 17 ou 18 centimes le prix du kilogramme de fonte pour tuyaux, on est donc à peu près certain d'avoir un rabais, surtout s'il s'agit d'une fourniture importante.

Devis et cahier des charges de la fourniture de tuyaux et pièces en fonte

(Ville de Paris, adjudication de 1894)

CHAPITRE I

Indications générales

ARTICLE PREMIER

Objet de l'entreprise. — L'entreprise s'applique à la fourniture pendant trois années, à dater de l'adjudication, des tuyaux et des pièces de fonte nécessaires aux conduites d'eau dont l'entretien et la pose sont réservés aux entrepreneurs d'entretien de la fontainerie de la ville de Paris, ainsi que des plaques et tampons de regard d'égout (nouveau modèle), dont la commande aura été faite dans le courant desdites années.

ART. 2

Montant de l'entreprise. — Le montant des fournitures est évalué approximativement à mille tonnes par an. Mais ce chiffre n'est donné qu'à titre de renseignement et pourra être diminué de moitié ou augmenté sans que l'adjudicataire puisse élever aucune réclamation à ce sujet.

ART. 3

Cautionnement. — Le cautionnement est fixé à la somme de 15 000 francs. Il sera fourni, soit en obligations de la Ville de Paris, soit en rentes sur l'État au porteur et au cours de la veille du jour de l'adjudication. L'adjudicataire en touchera les arrérages. Les titres amortis seront remplacés par des titres de même nature.

ART. 4

Dimensions et poids des pièces. — Les pièces présenteront exactement les dimensions et les formes indiquées à l'album des types joint au présent devis, et elles devront avoir également les poids inscrits audit album.

CHAPITRE II

Provenance et qualité de la fonte. — Mode d'exécution

ART. 5

Provenance française de la fonte. — Les pièces de fonte devront être fabriquées dans des fonderies françaises.

ART. 6

Moulage et coulage. — La fonte sera de la meilleure qualité, point aigre, bien homogène, susceptible d'être travaillée à la lime, sans fente, ni écornure.

Pour en constater la qualité, on la soumettra à l'épreuve suivante : il sera coulé par chaque fusion une paire de barreaux d'épreuve dans du sable très sec ; l'agent de la ville, présent à la fusion, déterminera le moment où les barreaux devront être coulés.

Ces barreaux auront 0^m,04 d'équarrissage et seront terminés par des appendices disposés en vue de s'opposer au retrait. Un barreau placé horizontalement sur deux couteaux espacés de 0^m,16, devra supporter, sans se rompre, le choc d'un mouton de 12 kilogrammes tombant librement sur le barreau, de 0^m,40 de hauteur au milieu de l'intervalle des deux points d'appui.

L'enclume supportant les couteaux aura un poids d'au moins 800 kilogrammes.

Les barreaux pourront aussi être travaillés au tour, puis soumis à des épreuves de résistance, à la traction ou à la flexion. A la traction, ils ne devront se rompre que sous un effort de 13^{kg},5 par millimètre carré ; à la flexion, ils ne devront pas se rompre, à l'appareil Monge, sous l'effort d'un poids de 160 kilogrammes agissant à l'extrémité d'un bras de levier de 1^m,50.

Tous les tuyaux droits seront coulés debout.

Le moulage devra être fait avec des précautions telles qu'il ne se trouve aucune bavure. Les parois intérieures et extérieures des pièces devront être lisses et parfaitement nettoyées de sable avant d'être coltarisées.

Les brides ne pourront être percées que suivant les modèles étalons en zinc, indiquant l'espacement et les dimensions des trous et qui seront remis à l'entrepreneur par l'Administration. Les brides des pièces de plus de 0^m,40 de diamètre intérieur ne seront pas percées, mais les brides des tubulures de ces pièces devront être percées, si le diamètre intérieur des tubulures est inférieur à 0^m,40.

ART. 7.

Marque de l'usine. — Chaque pièce portera une marque en relief, en caractère de 0^m,01 de hauteur au moins, indiquant en toutes lettres le nom de l'usine dans laquelle elle aura été fondue.

Cette marque sera placée sur le filet de l'emboîtement ou de la bride ou à 0^m,20 de l'extrémité si la pièce n'a ni emboîtement ni bride.

ART. 8

Évidements des emboîtements. — A une distance d'un centimètre de leur origine, tous les emboîtements seront évidés suivant une surface annulaire de six millimètres de diamètre (0^m,006).

ART. 9

Collarisation des fontes. — Toutes les pièces de fonte, avant d'être livrées, seront enduites de coaltar, mais la collarisation ne sera faite qu'après l'examen et l'épreuve des pièces dont il sera parlé au chapitre suivant. On ne recevra aucune pièce sur laquelle on apercevrait des vestiges de rouille.

ART. 10

Commande. — L'entrepreneur ne fera aucune fourniture que sur une commande écrite des Ingénieurs.

Cette commande déterminera la nature et le nombre des pièces à fabriquer : l'entrepreneur en accusera réception dans un délai de cinq jours.

CHAPITRE III

Mode de réception. — Livraisons et délais

ART. 11

Vérifications, essais et réception à l'usine. — L'adjudicataire sera soumis aux vérifications à l'usine que l'Administration jugera convenable d'ordonner pour s'assurer de la qualité de la fonte, comme il est dit à l'article 6 ci-dessus, et pour vérifier si toutes les précautions propres à garantir une bonne exécution sont prises, tant

pour le parfait dressage des modèles que pour l'exact ajustement des châssis et pour les soins de moulage et de perçement.

L'agent délégué par la ville procèdera, en outre, en présence de l'entrepreneur ou de son représentant, aux vérifications et épreuves suivantes :

Chaque pièce sera examinée, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur.

Ses dimensions seront mesurées et on la frappera à petits coups de marteau pour s'assurer s'il n'y a ni chabres, ni soufflures.

On rebutera les tuyaux :

- 1° Dont on aurait caché les défauts avec du plomb, du mastic ou autrement ;
- 2° Dont l'épaisseur non uniforme dans le pourtour présenterait entre son maximum et son minimum une différence supérieure à la limite accordée ci-après ;
- 3° Dont l'emboîtement aurait un des diamètres intérieurs plus grand ou plus petit que le diamètre prescrit, d'une quantité dépassant la tolérance ;
- 4° Dont le bout mâle aurait un de ses diamètres extérieurs présentant un vice analogue.

On rebutera aussi les bagues qui auraient l'un des défauts signalés au § 3.

Les tolérances concédées pour les différences d'épaisseur des tuyaux, les excédents des emboîtements et les moins-trouvés des bouts mâles seront de 0^m,002 pour les tuyaux de 0^m,25 de diamètre et au dessous, et de 0^m,003 pour les autres.

Ces tolérances seront de moitié seulement pour les moins-trouvés des emboîtements et pour les excédents des bouts mâles.

Les tuyaux droits seront essayés à la presse hydraulique sous une pression de 15 atmosphères.

Lorsqu'il y aura suintement avec bouillonnement, et, à plus forte raison, si l'eau s'échappe par petits jets, le tuyau sera rebuté. Si la dixième partie d'une coulée ne résiste pas aux essais, tous les tuyaux compris dans cette coulée seront rebutés.

Toutes les pièces seront pesées ; celles dont les poids ne seront pas inférieurs d'un vingtième aux poids normaux indiqués dans les tableaux dressés par l'Administration seront reçues si elles résistent aux épreuves ; il en sera de même de celles qui présenteraient des poids trop forts. Mais, si le poids total des pièces fournies dans une année dépasse le total des poids réglementaires de ces pièces, l'excédent ne sera pas compté au fournisseur.

Il sera dressé de chaque réception un procès-verbal qui sera immédiatement soumis pour acceptation à la signature de l'entrepreneur ; chaque pièce figurera sur le procès-verbal avec son poids et son numéro d'ordre, qui sera peint à l'huile sur le tuyau. Les pièces au-dessous du diamètre de 0^m,300 pourront être groupées pour le pesage jusqu'au poids maximum de 600 kilogrammes.

Une expédition de ce procès-verbal sera remise à l'entrepreneur, et la minute restera entre les mains de l'Ingénieur pour servir à la rédaction du compte de l'entreprise.

ART. 12

Livraison. — Le fournisseur, après la réception des tuyaux, devra les transporter aux dépôts spéciaux de la ville ou à pied-d'œuvre sur tous les chantiers établis par le service municipal, suivant les ordres qui lui auront été donnés. Ses charretiers devront toujours être munis de lettres de voitures qui porteront la désignation précise des diverses pièces composant le chargement, faute de quoi il pourrait être refusé.

Lorsque les livraisons seront faites au dépôt des fontes de la ville, les frais de déchargement et de rangement des pièces seront au compte du fournisseur, qui devra payer en conséquence les ouvriers employés par la ville à ces manutentions.

Toutefois, la dépense à la charge de l'adjudicataire ne devra pas dépasser 3^{fr},50 par tonne emmagasinée.

Celles qui ne seraient pas dans un état de propreté qui en permette l'examen seront rigoureusement refusées.

Les pièces refusées pour une cause quelconque devront être immédiatement enlevées par les soins et aux frais de l'entrepreneur.

Si, après l'arrivée des tuyaux ou dans le cours de la pose, on signalait dans une pièce de fonte un défaut provenant soit du transport à la charge du fournisseur, soit de la fabrication, le fournisseur en restera responsable, nonobstant la réception provisoire à l'usine. La pièce rebutée sera réintégrée au dépôt, si elle en est sortie, le tout aux frais de l'entrepreneur, qui devra l'enlever et la remplacer dans les délais qui lui seront prescrits.

ART. 13

Épreuves et réception au dépôt d'Austerlitz. — L'Administration se réserve le droit de faire procéder au dépôt du quai d'Austerlitz, aux épreuves, pesées et réception, qui, d'après l'article 11, doivent être opérées à l'usine, sans que l'entrepreneur puisse élever aucune réclamation à ce sujet.

Dans les deux cas, il supportera tous les frais de pesées et d'essais; seulement, pour les opérations faites au dépôt, il n'aura pas à fournir la presse hydraulique et l'eau, ni la bascule, qui seront mises à sa disposition par la Ville. Il pourra également, dans ce dernier cas, se servir, pour la coltarisation, des appareils installés au dépôt.

ART. 14

Délais des livraisons. — L'entrepreneur aura un délai unique d'un mois après l'approbation de l'adjudication pour exécuter tous les modèles des pièces qu'il peut être appelé à fournir d'après le devis.

Ce temps passé, il lui sera accordé, pour toutes ses fournitures, un délai uniforme d'un mois à dater de chaque commande pour mise en fabrication des pièces, épreuves et réception, transport au lieu indiqué.

En dehors de ce délai, il ne lui sera accordé que les délais de fabrication, calculés sur les bases ci-après :

Un jour par 50 tuyaux droits de 0^m,15 de diamètre et au dessous;

Un jour par 30 tuyaux droits de 0^m,20 à 0^m,30 de diamètre;

Un jour par 20 tuyaux droits de 0^m,35 à 0^m,40 de diamètre;

Un jour par 10 tuyaux droits de 0^m,50 à 1^m,10 de diamètre;

Un jour par 5 trappes de regard.

Les livraisons seront faites sans discontinuité, de manière à ce qu'il n'y ait jamais à l'usine plus du produit de la fabrication d'une semaine, éprouvé et reçu.

Ces livraisons seront composées en pièces de toute nature, dans la proportion où elles figurent aux commandes, de manière que les tuyaux droits soient toujours précédés des consoles, bagues et pièces de raccord nécessaires à leur emploi. Aucun délai en sus de ceux qui ont été fixés pour la livraison des tuyaux droits n'est donc accordé pour les pièces accessoires, à moins que celles-ci (bagues et consoles non comprises) ne représentent en nombre plus de 10 0/0 des tuyaux droits de même diamètre. Dans ce dernier cas, les pièces en excédent sur la proportion indiquée compteraient dans le calcul du délai, chacune pour un tuyau.

Lorsqu'une commande comprendra plus d'une bague ou de deux consoles par tuyau droit uni, les bagues ou consoles en excédent compteront dans les délais à raison de dix pour un tuyau.

Lorsqu'il résultera de l'accumulation des commandes successives que la produc-

tion de l'usine devrait dépasser 20 tonnes par jour pour fabriquer, dans les délais sus-indiqués, les pièces demandées, le temps accordé à l'entrepreneur sera prolongé de ce qui sera nécessaire pour que la production quotidienne reste dans la limite de 20 tonnes.

L'entrepreneur, tout en observant les délais sus-indiqués, devra suivre, dans la fabrication des différentes natures de pièces, l'ordre de priorité qui lui sera fixé.

Il sera dressé des états des fournitures en retard qui serviront de base au calcul des retenues à opérer sur le décompte de l'entrepreneur, conformément à l'article 18 ci-après.

CHAPITRE IV

Prix des fournitures, conditions particulières et générales

ART. 15

Prix de l'adjudication. — Le prix des fontes sera réglé au kilogramme, d'après l'offre indiquée sur la soumission qui sera agréée.

Ce prix comprend la coltarisation et les frais de toute nature à faire jusqu'à livraison et réception complète, sauf ce qui a été dit à l'article 12 ci-dessus, au sujet des frais de manutention au dépôt d'Austerlitz.

Il comprend, en outre, les droits d'octroi actuellement en vigueur pour l'entrée à Paris.

Il sera également appliqué aux livraisons faites hors Paris, mais, dans ce cas, sous la réserve d'une déduction correspondant à la différence ou à l'inexistence des droits d'octroi.

ART. 16

Reprise des vieilles fontes. — L'adjudicataire sera tenu de reprendre, dans l'état où elles se trouveront, les vieilles fontes mises hors de service, et ce, jusqu'à concurrence de 15 0/0 du poids des fontes neuves fournies.

La valeur de ces vieilles fontes sera portée en déduction sur les décomptes et calculée à un taux égal aux trois dixièmes (3/10) du prix soumissionné.

ART. 17

Invariabilité des prix. — Il est expressément entendu que le prix consenti par l'adjudicataire ne pourra subir de changement dans aucun cas, quelles que soient d'ailleurs les variations que viendraient à subir les droits de douane et de navigation. Il n'est fait d'exception que pour les droits d'octroi dont les changements sont à la charge comme au bénéfice de la ville.

ART. 18

Retenues à exercer en cas de retard. — Les retenues à exercer sur les fournitures en retard seront encourues de plein droit et calculées, pour chaque semaine de retard, à raison de 4 0/0 sur la valeur des tuyaux droits et de 5 0/0 sur celles des pièces de raccord et trappes de regard.

En cas d'urgence signalée antérieurement à l'entrepreneur, l'Administration pourra compléter les fournitures en retard aux frais de l'entrepreneur.

Lorsque l'entrepreneur ne se conformera pas aux délais indiqués dans les ordres de service pour l'enlèvement des vieilles fontes ou des fontes rebutées, il sera passible de plein droit, pour chaque semaine de retard, d'une retenue calculée à raison de 2 0/0 de la valeur des fontes à enlever.

Les retenues seront notifiées à l'entrepreneur et portées à son compte.

ART. 19

Paiement de fournitures par acomptes et retenues de garantie. — Le paiement des

fournitures annuelles se fera par acomptes jusqu'à concurrence des neuf dixièmes de la dépense faite : le dernier dixième retenu comme garantie ne sera payé que dans le premier trimestre de l'année suivante.

ART. 20

Mandataire domicilié à Paris. — L'adjudicataire devra avoir à Paris un mandataire dûment accrédité auquel seront valablement notifiées les communications de l'Administration.

ART. 21

Droits d'enregistrement. — L'adjudicataire sera tenu, à peine de nullité du marché, d'acquitter dans les trois jours qui suivront celui de l'adjudication, le montant des droits de timbre, d'enregistrement et autres, auxquels l'adjudication aura donné lieu, et notamment ceux d'impression du présent devis et de l'album des types qui devra y demeurer annexé.

ART. 22

Clauses et conditions générales. — L'entrepreneur sera soumis aux clauses et conditions générales imposées aux entrepreneurs des Ponts et Chaussées par décision de M. le Ministre des Travaux publics, en date du 16 février 1892, en toutes les dispositions auxquelles il n'est pas formellement dérogé par le présent devis.

Devis et bordereau des prix des travaux de fontainerie

(Extrait du type de la Ville de Paris applicable de 1865 à 1898)

I^o DEVIS

CHAPITRE II

Conditions relatives à l'exécution des travaux en général

ARTICLE 6

Ouverture de tranchées

Lorsqu'il y aura lieu de procéder à l'ouverture d'une tranchée, l'entrepreneur l'exécutera suivant les ordres qu'il aura reçus et en ayant soin de ranger les terres et les matériaux qu'il sera tenu de remettre en place, en se conformant aux conditions détaillées à l'article 10 ci-après. S'il est reconnu que les déblais ne peuvent pas, sans inconvénient, rester sur le chantier, l'entrepreneur sera tenu de les transporter dans l'endroit qui lui sera désigné, pour les reprendre ensuite et les réemployer, le tout à ses frais, lorsque la distance du transport du déblai ne dépassera pas 100 mètres ; au-delà de cette distance, le supplément de transport à l'aller et au retour lui sera porté en compte.

Il sera, en tout cas, tenu de prendre toutes les précautions nécessaires pour préserver les ouvrages dépendant du service municipal, tels que candélabres, bancs, arbres, etc., et sera responsable des dégradations qui seraient de son fait ou de celui de ses ouvriers.

Lorsqu'une tranchée devra être effectuée dans un revêtement en bitume ou en asphalte, le découpage sera fait à la tranche et non à la pioche, de manière à éviter le soulèvement ou la désagrégation des parties voisines et à restreindre l'entaille à sa limite utile.

ARTICLE 7

Transport à pied-d'œuvre et descente de tuyaux

Les tuyaux et autres pièces de fontainerie seront pris aux lieux de dépôt indiqués par l'ingénieur et transportés à pied-d'œuvre ; toutefois l'Administration se réserve

la faculté de les faire amener par les fournisseurs eux-mêmes ; dans ce cas, on retranchera des prix de pose et autres prix similaires portés à la série, le sous-détail correspondant au prix de transport, pourvu que les pièces ainsi approvisionnées aient été déposées à moins de 100 mètres du lieu d'emploi ou de descente.

L'entrepreneur est responsable de toutes les avaries qui arriveront aux tuyaux et autres pièces de fontainerie, à partir du moment où ils lui auront été livrés ; si les pièces sont prises au dépôt de la ville, la livraison résultera de leur chargement sur les voitures de l'entrepreneur ; si elles sont amenées sur les chantiers par le fournisseur, la livraison se fera en présence et devant l'entrepreneur de fontainerie, ou de leurs représentants ou eux dûment appelés et d'un agent de la Ville ; elle sera constatée par un procès-verbal signé par les parties présentes. Toutefois, dans ce dernier cas, la responsabilité des avaries n'incombera à l'entrepreneur, en dehors de la durée des travaux, que pendant une période de 15 jours entre la livraison et la date fixée pour leur commencement.

Dans chaque cas, l'entrepreneur de fontainerie avant de prendre livraison des pièces, aura le droit de les faire manutentionner à ses frais pour reconnaître si elles sont exemptes de défaut.

Les pièces trouvées brisées ou détériorées après la livraison seront abandonnées à l'entrepreneur de fontainerie, et la valeur qu'elles avaient avant l'avarie sera déduite de son décompte.

Lorsque les pièces devront être posées sous galerie, le service des ateliers se fera autant que possible par les trappes de regard que l'entrepreneur devra faire entourer et garder avec soin ; il sera autorisé, en cas de besoin, à percer les voûtes des égouts et galeries, mais seulement aux points désignés par l'Ingénieur : il sera tenu de les refermer à la fin du travail et de faire tous les raccordements nécessaires, etc., etc. Ce travail sera payé à part.

Les tuyaux seront descendus, avec soin, dans les galeries ou dans les tranchées où ils devront être placés. Lorsqu'il n'y aura pas d'échelons dans les regards de l'égout où l'entrepreneur fait exécuter un travail, il devra mettre à la disposition de ses ouvriers et des agents de l'Administration une échelle assez longue pour faire la descente sans danger ; la même obligation lui est imposée pour les tranchées, à raison d'une échelle au moins par intervalle de 75 mètres.

ARTICLE 8

Pose des tuyaux

Au moment de leur mise en place, les tuyaux devront être visités à l'intérieur et soigneusement débarrassés de tous les corps étrangers qui pourraient y avoir été accidentellement introduits.

Les tuyaux en fonte seront assemblés soit par des joints à emboîtement, soit au moyen de brides ou de bagues.

Joints à emboîtement. — La pénétration de deux tuyaux consécutifs sera moindre que la profondeur de l'emboîtement, de manière à laisser 1 centimètre de jeu pour la dilatation.

Le bout mâle de chaque tuyau sera engagé dans le renflement du tuyau suivant, de manière à rendre régulier l'intervalle compris entre les parois intérieures de l'un et les parois extérieures de l'autre. Cet intervalle sera rempli partie avec de la corde neuve imprégnée de goudron, de résine, partie avec du plomb fondu. La profondeur du joint en plomb sera de 4 centimètres.

La corde roulée régulièrement autour du bout mâle sera matée au refus et disposée de manière à laisser un vide de profondeur uniforme, pour recevoir le plomb, lequel sera lui-même maté après le refroidissement.

Joints à brides. — Dans la confection des joints à brides, on laissera entre les brides un intervalle suffisant pour recevoir une rondelle en plomb convenablement dressée et enduite, sur les deux faces, d'une couche de mastic ou de minium.

Les rondelles auront la forme d'un anneau plat dont le diamètre intérieur sera égal à celui des tuyaux à raccorder et dont le diamètre extérieur sera calculé de manière à affleurer les trous des boulons. Ces rondelles auront, en général, 0,012 d'épaisseur uniforme. Lorsqu'elles devront être biaises, leur épaisseur sera variable et déterminée par l'obliquité à donner aux tuyaux ; toutefois, elles ne devront pas avoir, au point le plus mince, moins de 1 centimètre d'épaisseur. Il est formellement interdit de glaiser les rondelles en plomb ou d'employer pour leur pose de la corde glaisée.

Les boulons destinés à relier les brides des tuyaux auront 0,018 de diamètre ; ils seront faits et filetés avec le plus grand soin. Ces boulons seront serrés graduellement les uns après les autres jusqu'au refus, et la rondelle sera refoulée avec un ciseau à mater.

Joints à bagues. — Dans les joints à bagues, on conservera entre les deux bouts de tuyau, pour les mouvements de dilatation, un intervalle de 0,002, en se servant à cet effet d'une plaque en tôle ; on masquera le vide avec de la terre glaise pour empêcher la pénétration du plomb ; le joint devra partager la bague exactement par le milieu.

Le vide entre la bague et le tuyau sera uniforme sur tout le pourtour ; il sera entièrement rempli en plomb fondu, lequel sera maté au refus après le refroidissement.

Joints de divers systèmes. — L'entrepreneur devra, s'il fait emploi de joints de forme particulière ou d'un système autre que les précédents, se conformer aux instructions qui lui seront données.

Tubulures. — Les tubulures d'attente et les extrémités des conduites seront tamponnées par des plaques pleines en tôle fixées à la tubulure au moyen d'un joint à bride.

Tuyaux en plomb. — Les tuyaux en plomb posés en terre devront être assemblés au moyen de nœuds de soudure ; sous galerie, ils pourront l'être au moyen de brides.

Étanchéité des joints. — Les joints d'assemblage de toutes les conduites, quelles qu'elles soient, devront être absolument étanches.

Sujétion sous galerie. — Dans le cas où, par suite de l'impossibilité de faire dans les égouts des percements assez rapprochés, l'entrepreneur serait obligé de transporter les tuyaux à plus de 75 mètres sous galerie, pour les mettre en place, la pose de la partie de conduite formée par ces tuyaux donnera lieu à une plus-value portée au bordereau des prix. Il en sera de même lorsque, par suite de la profondeur des égouts, les tuyaux devront être descendus à plus de 4 mètres.

ARTICLE 9

Épreuves des conduites

Avant de recouvrir de terre chacune des portions de conduites nouvellement posées, on y mettra l'eau et on leur fera éprouver, à l'aide d'une pompe de presse hydraulique, une pression équivalente à 8 atmosphères ; cette opération, qui comprend les fournitures et travaux préparatoires nécessaires, tels que pose de plaques pleines, buttées, etc., sera faite au compte de l'entrepreneur.

L'entrepreneur devra exécuter immédiatement et à ses frais les travaux de réparations, quels qu'ils soient, dont cette épreuve aura fait reconnaître la nécessité. Ne sont pas à sa charge le remplacement des pièces non fournies par lui dont le défaut

de résistance serait reconnu provenir de la mauvaise qualité du métal ou d'un vice d'exécution. Après la réparation de la conduite, il sera procédé à une nouvelle épreuve faite dans les mêmes conditions que la précédente.

Il en sera de même pour les conduites posées sous galerie, avant qu'elles ne soient mises en service.

ARTICLE 10

Comblement des tranchées et rétablissement du sol

L'entrepreneur demeure chargé de remblayer toutes les tranchées ouvertes par lui sur la voie publique.

Il aura dû, au moment du déblai, mettre soigneusement de côté les matériaux qui constituent le revêtement de la chaussée ou du trottoir ainsi que ceux de la fondation en sable ou béton.

Les remblais seront bien purgés de pierres et sans mélange de boue et immondices; les terres imprégnées de gaz ou donnant de mauvaises odeurs en seront exclues; au sortir de la tranchée, elles auront dû être portées immédiatement aux décharges publiques, après désinfection par les soins et aux frais de l'entrepreneur qui devra, en outre, désinfecter la tranchée elle-même, s'il y a lieu: mais les désinfectants seront fournis par l'Administration.

Les remblais seront faits par couches de 0,20 au maximum, pilonnés avec le plus grand soin et arrosés lorsque l'ordre en sera donné.

L'entrepreneur devra, aussitôt après l'achèvement du remblai, rétablir provisoirement la chaussée ou le trottoir, en réemployant les mêmes matériaux.

Dans les pavages en pierre, l'ancienne forme devra être rapportée avec soin à la surface du remblai en réservant seulement la quantité de sable nécessaire pour remplir les joints.

Les pavés seront posés en suivant exactement les rangs; ce travail sera fait par des compagnons paveurs.

Dans les chaussées asphaltées ou pavées en bois, l'entrepreneur effectuera seulement le remblai de la tranchée, soit jusqu'au niveau inférieur de la fondation, soit jusqu'au niveau supérieur de la chaussée, suivant les ordres de l'Ingénieur.

Pour les chaussées empierrées, l'empierrement sera rétabli après avoir été fortement pilonné et arrosé; enfin, pour les trottoirs, le dallage sera rétabli suivant l'appareil des dalles, et dans ceux en bitume le remblai se raccordera sans saillie ou flache avec les surfaces voisines.

Les saillies sur l'ancien profil des chaussées ne devront être nulle part de plus de 0,05.

Dans tous les cas, les anciens matériaux non réemployés: asphalte, bitume, pavés en bois, bétons, etc., seront rangés à proximité de manière à ne pas entraver la circulation et à ne pas être perdus.

L'entrepreneur sera responsable de tous les matériaux des chaussées ou trottoirs quelle qu'en soit la nature; il devra remplacer à ses frais ceux qui auraient été enfouis sous le remblai, perdus ou détériorés de quelque manière que ce soit par le fait de ses ouvriers. Exception est faite pour les pavés en bois qu'il serait indispensable de couper pour en opérer le démontage et pour la première dalle à déposer dans les trottoirs en granit.

Il aura la responsabilité et l'entretien des premières réfections sus-indiquées jusqu'à l'exécution de la viabilité définitive, qui sera faite par le Service de la Voie publique. Toutefois, cette garantie ne s'étendra pas au-delà des 15 jours qui suivront le remblai complet de la tranchée.

Faute par l'entrepreneur d'assurer convenablement l'exécution et l'entretien des

travaux provisoires dont il s'agit, il y sera pourvu d'office à ses frais, risques et périls, par les soins des ingénieurs et après une mise en demeure résultant d'un simple ordre de service.

ARTICLE 11

Dépose des conduites

Pour déposer les conduites devenues inutiles, l'entrepreneur ouvrira une tranchée aussi étroite que faire se pourra, en ayant soin de ranger les pavés au bord de la tranchée avec les précautions convenables.

Il déboîtera ensuite les tuyaux après avoir fait fondre les joints en plomb, s'il y a lieu, et de manière à éviter toute rupture : toutes les pièces seront séparées, déboulonnées et parfaitement nettoyées intérieurement et extérieurement, puis enlevées et transportées dans les magasins de la Ville. Le plomb seul sera repris par l'entrepreneur et la valeur, calculée d'après les prix du bordereau, sera déduite du décompte.

La tranchée sera remblayée avec les soins indiqués à l'article précédent.

L'entrepreneur sera responsable des tuyaux et pièces de fontainerie qu'il aurait brisés ou dégradés ou qui auraient disparu ; la valeur en sera déduite du décompte dans les conditions indiquées à l'article 7.

ARTICLE 12

Enlèvement des matériaux, terres, gravois, etc.

L'entrepreneur fera transporter dans les dépôts du service les vieux matériaux et autres objets appartenant à la Ville.

Il devra toujours avoir sur les ateliers les moyens de peser ces objets et un pot de peinture à l'huile pour les marquer.

Les voitures qui seront employées à ces transports seront munies d'une plaque peinte à l'huile, portant l'inscription « SERVICE MUNICIPAL », peinte en blanc, en caractères très apparents sur fond noir, la plaque portera, en outre, le nom et la demeure de l'entrepreneur.

La voiture devra toujours se rendre directement au dépôt indiqué sur le bon de rentrée qui sera remis au charretier, et qui donnera la désignation détaillée des objets transportés, le nombre des pièces, leur longueur et leur poids respectif.

L'entrepreneur sera responsable des objets inscrits sur cette lettre de voiture, qui sera présentée à l'acceptation de son chef d'atelier. Il devra justifier de la remise au dépôt, par un reçu du garde-magasin ; en cas de non justification, il deviendra responsable de la valeur des objets enlevés, valeur qui sera arbitrée par le directeur du Service des Eaux, sans préjudice des poursuites qui pourront être exercées à cet égard.

Tout objet chargé devra être rendu au dépôt dans la même journée. Les matériaux quelconques non employés, ainsi que les terres provenant des tranchées, devront, sans qu'il soit besoin d'un ordre de service spécial, être enlevés dans les vingt-quatre heures qui suivront l'achèvement des travaux.

À l'expiration de ce délai, l'ingénieur pourra, sans qu'il soit besoin d'une mise en demeure, faire procéder, aux frais de l'entrepreneur, à l'enlèvement des matériaux laissés sur les chantiers.

ARTICLE 13

Prises d'eau, pose de plaques pleines, etc.

Les prises d'eau, jusqu'au diamètre de 0^m,10 inclus, devront être faites sur conduite en charge, s'il y a lieu, sans plus-value spéciale.

En exécutant les prises d'eau, les percements de tuyaux et la pose des plaques pleines à l'extrémité des conduites, l'entrepreneur devra prendre toutes les précautions nécessaires pour éviter les fuites, et se conformer aux instructions qui lui seront données par les agents de la Ville.

Les percements sur conduites de fonte seront faits suivant le calibre voulu avec la machine à percer, de telle sorte que les bords soient francs et nets de toute bavure. Ceux sur conduites de tôle et bitume devront toujours être faits au trépan, et le bitume devra être rétabli sur la soudure du tuyau de prise.

ARTICLE 14

Travaux divers

L'entrepreneur sera tenu d'exécuter les travaux de fontainerie, maçonnerie, charpente, tôlerie, serrurerie et zingage, autres que ceux de pose de conduites, qui lui seront ordonnés, en se conformant :

1^o Aux projets de détail, aux dessins cotés qui lui seront remis et aux modèles d'appareils déposés avant l'adjudication dans les magasins de la Ville, que les concurrents pourront visiter avant de soumissionner, après en avoir demandé l'autorisation au Directeur du Service des Eaux, et qu'en conséquence l'adjudicataire sera censé parfaitement connaître ;

2^o Au mode d'exécution décrit pour chaque nature d'ouvrages dans le cahier des charges imposées aux entrepreneurs du service municipal approuvé par M. le Préfet de la Seine, le 4 août 1879.

ARTICLE 15

Réception provisoire des matériaux

Les travaux d'entretien proprement dit étant exécutés à forfait et l'entrepreneur demeurant garant de leur bonne exécution pendant la durée de son marché, les matériaux qui seront employés dans lesdits travaux ne seront généralement soumis à aucune réception préalable.

Les tuyaux de fonte devront être pris au dépôt municipal où ils seront remplacés aux frais de l'entrepreneur de pose par le fournisseur de la Ville et aux conditions du marché de ce dernier. Les agents de l'Administration pourront, lorsqu'ils le jugeront convenable, exiger que les robinets, mécanismes et autres appareils fournis par l'adjudicataire, leur soient présentés avant la pose, afin de s'assurer qu'ils satisfont aux conditions de poids, de forme et de composition de métal prescrites.

En ce qui concerne les travaux neufs, les matériaux seront soumis, avant leur emploi, à la réception provisoire de l'agent délégué par l'ingénieur.

Ces matériaux consistant le plus souvent en métaux de différentes espèces, l'entrepreneur sera tenu d'avoir toujours sur ses ateliers les balances et instruments de pesage nécessaires pour vérifier les poids.

Dans le cas où il serait reconnu que des matériaux rebutés, ou autres que ceux reçus, auraient été mis en œuvre, le remplacement en serait effectué par l'entrepreneur qui supporterait, en outre, la dépense de main-d'œuvre que ce travail pourrait nécessiter, indépendamment d'une amende de *cinquante francs* par chaque pièce employée en fraude.

L'entrepreneur sera tenu d'avoir toujours en réserve dans ses magasins et dépôts, des matériaux, appareils, etc., en nombre et quantité suffisants pour assurer l'exécution des travaux.

Les matériaux employés seront, autant que possible, d'origine française.

ARTICLE 16

Composition des soudures et alliages

Les soudures pour nœuds, embranchements, empâtements, etc., seront composés d'un tiers de bon étain et de deux tiers de plomb.

L'alliage de cuivre qui sera exclusivement employé pour la robinetterie et pour toutes les pièces accessoires de la distribution sera celui qui est connu dans le commerce sous le nom de « bronze ». On ne fera usage de l'alliage de cuivre, dit « laiton » ou « cuivre jaune », que sur les indications spéciales des ingénieurs.

Le bronze contiendra en poids :

1° Pour les vis de robinets-vannes, clefs de robinets ordinaires, etc., etc.,

90 parties de cuivre

10 — d'étain

2 — de zinc

2° Pour les écrous, boisseaux de robinets, etc.,

86 parties de cuivre

14 — d'étain

4 — de zinc

Et le laiton contiendra :

100 parties de cuivre

pour 50 — de zinc.

2. BORDEREAU DES PRIX

NOTA. — Tous les prix ci-dessous comprennent les faux-frais et le bénéfice de l'entrepreneur et doivent être frappés des rabais de l'adjudication qui sont :
1^{er} Lot : 6,80 0/0. — 2^e Lot : 6,50 0/0. — 3^e Lot : 6,30 0/0.

NUMÉROS	DÉSIGNATION DES OUVRAGES	DIAMÈTRE DES TUYAUX EN FONTE											
		0,030 à 0,040	0,054 à 0,060	0,100	0,150	0,200	0,250	0,300	0,350	0,400	0,500	0,600	0,800

Pose en terre d'une conduite en fonte à joints à emboîtements

(à 1^m,20 de profondeur moyenne mesurée entre le dessus de la conduite et le dessus du pavé ou du trottoir, toutes fournitures et main-d'œuvre comprises, la fourniture de la fonte et l'essai des témoins seuls exceptés)

1.	Démontage de chaussée pavée, empierrée ou de trottoir.....	fr. c.	0,20	0,20	0,20	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,30	0,30	0,30	0,40	0,45	0,45	0,45
2.	Ouverture de la tranchée.....	fr. c.	0,55	0,65	0,65	0,70	0,75	1,00	1,00	1,00	1,10	1,20	1,35	1,75	2,20	2,80	3,00	3,00
3.	Dressement du fond.....	fr. c.	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,15	0,20	0,20	0,20	0,25	0,25
4.	Façon des niches.....	fr. c.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
5.	Façon des tuyaux à pied-d'œuvre.....	fr. c.	0,05	0,10	0,20	0,25	0,30	0,45	0,55	0,70	0,80	1,05	1,45	1,45	1,45	1,75	2,75	3,45
6.	Rapprochage et descente du tuyau.....	fr. c.	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	1,00	1,40	1,40	1,40	1,65	2,15	2,50	2,50
7.	Mise en place.....	fr. c.	0,30	0,30	0,40	0,40	0,50	0,55	0,60	0,70	0,90	1,15	1,40	1,40	1,65	2,15	2,50	2,50
8.	Plomb.....	fr. c.	0,30	0,30	0,45	0,45	0,90	0,95	1,15	1,25	1,30	1,50	1,50	1,95	2,50	3,00	3,30	3,30
9.	Corde godronnée.....	fr. c.	0,05	0,05	0,10	0,15	0,20	0,20	0,20	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,40	0,45	0,50	0,50
10.	Façon des joints.....	fr. c.	0,20	0,20	0,45	0,55	0,75	0,95	1,00	1,05	1,15	1,25	1,45	1,65	1,90	2,15	2,15	2,15
11.	Remblai et pilonnage.....	fr. c.	0,35	0,40	0,40	0,45	0,55	0,65	0,65	0,70	0,70	0,80	0,80	0,95	1,15	1,35	1,45	1,45
12.	Premier pavage soigné de la tranchée, sans fourniture de sable, ou remise en place de l'empierrement du vieux béton ou des dalles du trottoir.....	fr. c.	0,50	0,55	0,65	0,70	0,75	0,75	0,80	0,80	0,80	0,80	0,95	1,00	1,15	1,45	1,45	1,40
13.	Transport des terres excédentes aux décharges publiques.....	fr. c.	0,20	0,20	0,20	0,35	0,45	0,60	0,70	0,80	1,10	1,50	2,00	3,30	5,00	6,15	6,15	6,15
		fr. c.	2,70	3,00	3,70	4,90	5,70	6,80	7,40	8,20	9,20	11,10	13,70	18,00	22,50	26,00	26,00	26,00

PRIX DU MÈTRE LINÉAIRE.

NOTA. — La pose des tuyaux coniques sera comptée suivant leur diamètre moyen.

593 A déduire lorsqu'il n'y aura pas lieu à démontage de chaussée pavée, d'empierrement ou de trottoir dallé ou bitumé.....

594 Plus ou moins-value à ajouter ou à retrancher par mètre linéaire de tranchée et par décimètre de profondeur :

595 De 1^m,20 à 2 mètres.....

596 Idem au-delà de 2 mètres.....

597 NOTA. — Lorsqu'il y aura lieu de compter l'une ou l'autre des plus-values ci-dessus, elle ne s'appliquera qu'à l'excédent lui-même, sur les profondeurs normales de 1^m,20 ou 2 mètres.

598 Plus-value par mètre linéaire de conduites avec joints à bagues.....

599 Plus-value par mètre linéaire de conduites posées avec démolition de chaussée empierrée.....

NOMBRES	DIAMÈTRE DES TUYAUX EN FONTE												
	0,630 à 0,040	0,054 à 0,060	0,100	0,150	0,200	0,250	0,300	0,350	0,400	0,500	0,600	0,800	1,000
617	Pose de Robinets-Vannes												
	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
	»	2,40	2,40	3,60	6,00	6,00	6,00	6,75	6,95	12,65	20,30	37,40	55,90
	»	0,75	1,25	2,40	3,00	3,15	3,65	5,00	7,90	7,90	15,00	25,00	81,25
	»	0,50	0,75	1,25	1,65	1,90	2,25	2,50	3,45	3,75	6,25	12,50	106,25
	»	2,80	3,40	5,85	7,30	9,55	10,70	11,80	15,20	18,00	25,30	28,45	18,75
	»	1,60	2,40	2,60	2,60	5,00	5,65	6,30	10,10	11,55	20,00	27,50	31,50
	»	2,95	3,80	5,30	6,25	6,80	8,50	9,45	10,70	12,20	14,05	17,50	30,00
	»	11,00	14,00	21,00	27,70	33,00	37,50	42,00	60,00	87,00	128,00	233,00	285,00
618	<p>NOTA. — On tiendra compte à l'entrepreneur, s'il y a lieu :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. De la fourniture et pose des bouches à clef en fonte avec ou sans tabernacle, suivant le cas ; 2. Des percements et raccords de maçonnerie ; 3. Du percement de la conduite pour les robinets, montés sur colliers, des coupements pour pose des manchons à tubulure, etc., ou pour pose de robinets d'arrêt. 												
619	Dépose de Robinets-Vannes												
	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
	»	1,65	2,25	3,25	3,50	3,90	4,90	5,40	5,60	6,25	7,50	10,00	12,50
	»	0,75	1,25	2,40	3,00	3,40	3,60	3,00	7,85	13,00	23,00	81,00	106,50
	»	2,30	2,50	3,75	6,30	6,90	6,90	6,90	13,50	26,25	37,50	56,00	75,00
	»	4,90	6,00	9,40	13,40	13,90	15,40	17,30	26,60	47,50	70,00	147,00	194,00
620	<p>PRIX DU ROBINET DÉPOSÉ ET TRANSPORTÉ.....</p> <p>A déduire des prix de dépose ci-dessus la valeur des rondelles en plomb reprises par l'entrepreneur.....</p>												
	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
	»	1,80	2,20	3,80	4,80	6,30	7,00	8,00	10,00	12,00	16,70	48,50	21,00
621	<p>NOTA. — Dans le cas où le robinet serait déposé sans sortie du regard, ni transport, la valeur du vieux plomb sera retranchée du montant total du décompte du travail.</p> <p>Il sera tenu compte à l'entrepreneur des coupements de conduites pour raccorder des conduites aux emplacements de robinets sup primés.</p> <p>Il sera tenu compte également des tamponnages de percements ou de tubulures lorsque les conduites seront maintenues en service.</p>												
626	Plomb à compter pour un joint de Tuyaux												
	k.	k.	k.	k.	k.	k.	k.	k.	k.	k.	k.	k.	k.
	0,800	1,100	2,400	4,400	4,900	6,100	6,700	8,850	9,300	11,000	13,900	18,400	21,600
627	»	»	2,800	4,900	7,150	9,400	10,700	13,200	15,150	18,900	22,900	35,600	51,000

NUMÉROS	DÉSIGNATION DES OUVRAGES	DIAMÈTRES DES TUYAUX EN PLOMB														
		0,005	0,010	0,013	0,016	0,020	0,025	0,027	0,030	0,035	0,040	0,050	0,055	0,060	0,081	0,100
645	Fourniture et pose en terre de conduites en plomb (à 1 ^m 20 de profondeur moyenne, mesurée entre le dessus de la conduite et le dessus du pavé ou du trottoir)															
		fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
	1. Démontage de la chaussée pavée, empierrée ou du trottoir.....	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
	2. Fouille et jet sur berge.....	0,40	0,40	0,40	0,40	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,50
	3. Dressement du fond de la tranchée.....	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	4. Fourniture du plomb.....	0,75	0,80	1,40	1,65	3,45	3,65	4,60	5,10	5,80	6,50	7,70	8,45	9,35	11,95	16,30
	5. Main-d'œuvre de pose du plomb (compris un manud par 10 ^m , jusqu'à 0 ^m ,650 et par 4 ^m au delà).....	0,20	0,20	0,20	0,25	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,65	0,75	0,85	1,50	2,70	2,90
	6. Remblai et pilonnage.....	0,20	0,25	0,25	0,25	0,25	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
	7. Transport aux décharges des terres excédentaires.....	0,10	0,10	0,10	0,10	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,20
	8. Premier pavage soigné, sous fourniture de sable ou remise en place de l'empierrement, du vieux béton ou des dalles de trottoirs.....	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
	PRIX DU MÈTRE LINÉAIRE POSÉ A 1 ^m 20 DE PROFONDEUR.....	2,30	2,40	3,00	3,30	5,00	5,60	6,60	7,15	7,90	8,70	10,20	11,50	12,65	16,20	20,85
646	Plus-value pour emploi et fourniture de plomb de 0,010 avec 0,001 d'épaisseur applicable à la pose en terre, en galerie ou en élévation, 0,35.															
647	<i>Plus ou moins-value à ajouter ou à retrancher par mètre linéaire de tranchée et par décimètre de profondeur de fouille :</i>															
648	De 1 ^m 20 à 2 mètres.....	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
649	De 2 mètres à 4 mètres (compris élargissement de la fouille pour l'établissement d'une banquette).....	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
650	A déduire lorsqu'il n'y aura pas lieu à démontage de chaussée pavée, empierrée, ou de trottoir dalé ou bitumé.....	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
	Plus-value à ajouter par mètre courant de conduites pesées avec démolition de chaussée empierrée.....	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
651	NOTA. — Les tuyaux en plomb de 0,005 devront avoir 0,004 d'épaisseur (pour branchements de manomètres), 0,010 — 0,003 — et 0,004 (pour branchements de manomètres), 0,013 à 0,016 — 0,004 — 0,006 — 0,020 à 0,025 — 0,007 — 0,027 à 0,100 — 0,007 —															

NOMBRES	DIAMÈTRE DES TUYAUX EN PLOMB														
	DÉSIGNATION DES OUVRAGES														
	0,005	0,010	0,013	0,016	0,020	0,025	0,027	0,030	0,035	0,040	0,050	0,055	0,060	0,081	0,100
Poids du mètre linéaire de conduites en plomb															
602	1 ^k ,400 2 ^k ,011 en 0 ^m ,001	2 ^k ,53	3 ^k ,00	5 ^k ,73	6 ^k ,68	8 ^k ,40	9 ^k ,27	10 ^k ,53	11 ^k ,80	14 ^k ,00	15 ^k ,33	17 ^k ,00	21 ^k ,76	24 ^k ,73	
Dépose de conduites en plomb placées en terre															
653	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
	0,15	0,45	0,15	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
	0,40	0,40	0,40	0,40	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
	0,40	0,15	0,20	0,30	0,30	0,30	0,40	0,40	0,40	0,50	0,60	0,70	1,00	1,25	0,30
	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,10	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,20	0,20
	0,20	0,25	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,05
	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	1,90	2,00	2,00	2,40	2,20	2,30	2,30	2,60	2,90	
	Pux du mètre linéaire de plomb déposé à 1 ^m ,20 de profondeur.....														
654	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
655	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
656	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
657	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
<i>Plus ou moins-value à ajouter ou à retrancher par décimètre de profondeur de fouille :</i>															
654	De 1 ^m ,30 à 2 mètres.....														
655	De 2 mètres à 4 mètres.....														
656	A déduire lorsqu'il n'y aura pas lieu à démontage de chaussée pavée, empierrée ou de trottoir dalle ou bitumé.....														
657	Plus-value à ajouter par mètre courant de conduites déposées avec démolition de chaussée empierrée.....														

Table I. — Vitesses en fonction des hauteurs de chute

$$(v = \sqrt{2gh} = 4,429177 \sqrt{h})$$

HAUTEURS DE CHUTE	VITESSES CORRESPONDANTES								
m.	m.								
0,001	0,140	0,59	3,402	1,26	4,972	1,93	6,154	2,60	7,142
0,002	0,198	0,60	3,431	1,27	4,991	1,94	6,170	2,61	7,156
0,003	0,243	0,61	3,459	1,28	5,011	1,95	6,186	2,62	7,169
0,004	0,280	0,62	3,488	1,29	5,031	1,96	6,202	2,63	7,183
0,005	0,313	0,63	3,516	1,30	5,050	1,97	6,217	2,64	7,197
0,006	0,343	0,64	3,543	1,31	5,069	1,98	6,232	2,65	7,210
0,007	0,370	0,65	3,571	1,32	5,089	1,99	6,248	2,66	7,224
0,008	0,395	0,66	3,598	1,33	5,108	2,00	6,264	2,67	7,237
0,009	0,420	0,67	3,625	1,34	5,127	2,01	6,279	2,68	7,251
0,01	0,443	0,68	3,652	1,35	5,146	2,02	6,295	2,69	7,265
0,02	0,626	0,69	3,679	1,36	5,165	2,03	6,311	2,70	7,278
0,03	0,767	0,70	3,706	1,37	5,184	2,04	6,326	2,71	7,291
0,04	0,886	0,71	3,732	1,38	5,203	2,05	6,341	2,72	7,305
0,05	0,990	0,72	3,758	1,39	5,222	2,06	6,357	2,73	7,318
0,06	1,085	0,73	3,784	1,40	5,241	2,07	6,372	2,74	7,332
0,07	1,172	0,74	3,810	1,41	5,259	2,08	6,388	2,75	7,345
0,08	1,253	0,75	3,836	1,42	5,278	2,09	6,403	2,76	7,358
0,09	1,329	0,76	3,861	1,43	5,297	2,10	6,418	2,77	7,372
0,10	1,401	0,77	3,886	1,44	5,315	2,11	6,434	2,78	7,385
0,11	1,468	0,78	3,911	1,45	5,333	2,12	6,449	2,79	7,398
0,12	1,534	0,79	3,936	1,46	5,351	2,13	6,464	2,80	7,411
0,13	1,597	0,80	3,961	1,47	5,370	2,14	6,479	2,81	7,425
0,14	1,657	0,81	3,986	1,48	5,388	2,15	6,494	2,82	7,437
0,15	1,715	0,82	4,011	1,49	5,406	2,16	6,510	2,83	7,451
0,16	1,772	0,83	4,035	1,50	5,425	2,17	6,525	2,84	7,464
0,17	1,826	0,84	4,059	1,51	5,443	2,18	6,540	2,85	7,477
0,18	1,879	0,85	4,083	1,52	5,461	2,19	6,555	2,86	7,490
0,19	1,931	0,86	4,107	1,53	5,479	2,20	6,570	2,87	7,503
0,20	1,981	0,87	4,131	1,54	5,496	2,21	6,584	2,88	7,517
0,21	2,030	0,88	4,155	1,55	5,514	2,22	6,599	2,89	7,530
0,22	2,078	0,89	4,178	1,56	5,532	2,23	6,614	2,90	7,543
0,23	2,124	0,90	4,202	1,57	5,550	2,24	6,629	2,91	7,556
0,24	2,170	0,91	4,225	1,58	5,567	2,25	6,644	2,92	7,569
0,25	2,215	0,92	4,248	1,59	5,585	2,26	6,658	2,93	7,582
0,26	2,259	0,93	4,271	1,60	5,603	2,27	6,673	2,94	7,594
0,27	2,301	0,94	4,294	1,61	5,620	2,28	6,688	2,95	7,607
0,28	2,344	0,95	4,317	1,62	5,637	2,29	6,703	2,96	7,620
0,29	2,385	0,96	4,340	1,63	5,655	2,30	6,717	2,97	7,633
0,30	2,426	0,97	4,362	1,64	5,672	2,31	6,732	2,98	7,646
0,31	2,466	0,98	4,384	1,65	5,690	2,32	6,746	2,99	7,659
0,32	2,506	0,99	4,407	1,66	5,707	2,33	6,761	3,00	7,672
0,33	2,544	1,00	4,429	1,67	5,724	2,34	6,775	3,01	7,684
0,34	2,582	1,01	4,451	1,68	5,741	2,35	6,790	3,02	7,697
0,35	2,620	1,02	4,473	1,69	5,758	2,36	6,804	3,03	7,710
0,36	2,658	1,03	4,495	1,70	5,775	2,37	6,819	3,04	7,722
0,37	2,694	1,04	4,517	1,71	5,792	2,38	6,833	3,05	7,735
0,38	2,730	1,05	4,539	1,72	5,809	2,39	6,847	3,06	7,748
0,39	2,766	1,06	4,560	1,73	5,826	2,40	6,862	3,07	7,760
0,40	2,801	1,07	4,582	1,74	5,842	2,41	6,876	3,08	7,773
0,41	2,836	1,08	4,603	1,75	5,859	2,42	6,890	3,09	7,786
0,42	2,870	1,09	4,624	1,76	5,876	2,43	6,904	3,10	7,798
0,43	2,904	1,10	4,645	1,77	5,893	2,44	6,919	3,11	7,811
0,44	2,938	1,11	4,666	1,78	5,909	2,45	6,933	3,12	7,823
0,45	2,971	1,12	4,687	1,79	5,926	2,46	6,947	3,13	7,836
0,46	3,004	1,13	4,708	1,80	5,942	2,47	6,961	3,14	7,849
0,47	3,037	1,14	4,729	1,81	5,959	2,48	6,975	3,15	7,861
0,48	3,069	1,15	4,750	1,82	5,975	2,49	6,989	3,16	7,873
0,49	3,100	1,16	4,770	1,83	5,992	2,50	7,003	3,17	7,886
0,50	3,132	1,17	4,790	1,84	6,008	2,51	7,017	3,18	7,898
0,51	3,163	1,18	4,811	1,85	6,024	2,52	7,031	3,19	7,911
0,52	3,194	1,19	4,831	1,86	6,041	2,53	7,045	3,20	7,923
0,53	3,224	1,20	4,852	1,87	6,057	2,54	7,059	3,21	7,936
0,54	3,253	1,21	4,872	1,88	6,073	2,55	7,073	3,22	7,948
0,55	3,285	1,22	4,892	1,89	6,089	2,56	7,087	3,23	7,960
0,56	3,314	1,23	4,913	1,90	6,105	2,57	7,101	3,24	7,973
0,57	3,344	1,24	4,933	1,91	6,122	2,58	7,114	3,25	7,985
0,58	3,373	1,25	4,953	1,92	6,138	2,59	7,128	3,26	7,997

HAUTEURS DE CHUTE	VITESSES CORRESPONDANTES								
m.	m.								
3,27	8,009	3,92	8,769	4,57	9,468	12,00	15,343	77,00	38,866
3,28	8,022	3,93	8,780	4,58	9,479	13,00	15,970	78,00	39,117
3,29	8,034	3,94	8,792	4,59	9,489	14,00	16,372	79,00	39,367
3,30	8,046	3,95	8,803	4,60	9,500	15,00	17,154	80,00	39,616
3,31	8,058	3,96	8,814	4,61	9,510	16,00	17,717	81,00	39,863
3,32	8,070	3,97	8,825	4,62	9,520	17,00	18,257	82,00	40,108
3,33	8,082	3,98	8,836	4,63	9,530	18,00	18,791	83,00	40,352
3,34	8,095	3,99	8,847	4,64	9,541	19,00	19,306	84,00	40,594
3,35	8,107	4,00	8,858	4,65	9,551	20,00	19,808	85,00	40,835
3,36	8,119	4,01	8,869	4,66	9,561	21,00	20,297	86,00	41,074
3,37	8,131	4,02	8,880	4,67	9,572	22,00	20,775	87,00	41,313
3,38	8,143	4,03	8,892	4,68	9,582	23,00	21,242	88,00	41,549
3,39	8,155	4,04	8,903	4,69	9,592	24,00	21,698	89,00	41,782
3,40	8,167	4,05	8,914	4,70	9,602	25,00	22,146	90,00	42,019
3,41	8,179	4,06	8,925	4,71	9,612	26,00	22,584	91,00	42,252
3,42	8,191	4,07	8,936	4,72	9,623	27,00	23,015	92,00	42,483
3,43	8,203	4,08	8,946	4,73	9,633	28,00	23,437	93,00	42,713
3,44	8,215	4,09	8,957	4,74	9,643	29,00	23,852	94,00	42,942
3,45	8,227	4,10	8,968	4,75	9,653	30,00	24,260	95,00	43,170
3,46	8,239	4,11	8,979	4,76	9,663	31,00	24,661	96,00	43,397
3,47	8,251	4,12	8,990	4,77	9,673	32,00	25,055	97,00	43,622
3,48	8,263	4,13	9,001	4,78	9,684	33,00	25,444	98,00	43,847
3,49	8,274	4,14	9,012	4,79	9,694	34,00	25,826	99,00	44,070
3,50	8,286	4,15	9,023	4,80	9,704	35,00	26,203	100,00	44,292
3,51	8,298	4,16	9,034	4,81	9,714	36,00	26,575	105,00	45,386
3,52	8,310	4,17	9,045	4,82	9,724	37,00	26,942	110,00	46,454
3,53	8,322	4,18	9,055	4,83	9,734	38,00	27,303	115,00	47,498
3,54	8,333	4,19	9,066	4,84	9,744	39,00	27,660	120,00	48,519
3,55	8,345	4,20	9,077	4,85	9,754	40,00	28,013	125,00	49,520
3,56	8,357	4,21	9,088	4,86	9,764	41,00	28,361	130,00	50,500
3,57	8,369	4,22	9,099	4,87	9,774	42,00	28,704	135,00	51,462
3,58	8,380	4,23	9,109	4,88	9,784	43,00	29,044	140,00	52,407
3,59	8,392	4,24	9,120	4,89	9,794	44,00	29,380	145,00	53,334
3,60	8,404	4,25	9,131	4,90	9,804	45,00	29,712	150,00	54,246
3,61	8,415	4,26	9,142	4,91	9,814	46,00	30,040	155,00	55,143
3,62	8,427	4,27	9,152	4,92	9,824	47,00	30,365	160,00	56,025
3,63	8,439	4,28	9,163	4,93	9,834	48,00	30,686	165,00	56,894
3,64	8,450	4,29	9,174	4,94	9,844	49,00	31,004	170,00	57,749
3,65	8,462	4,30	9,185	4,95	9,854	50,00	31,329	175,00	58,592
3,66	8,474	4,31	9,195	4,96	9,864	51,00	31,651	180,00	59,424
3,67	8,485	4,32	9,206	4,97	9,874	52,00	31,939	185,00	60,243
3,68	8,497	4,33	9,217	4,98	9,884	53,00	32,245	190,00	61,052
3,69	8,508	4,34	9,227	4,99	9,894	54,00	32,548	195,00	61,850
3,70	8,520	4,35	9,238	5,00	9,904	55,00	32,848	200,00	62,638
3,71	8,531	4,36	9,248	5,25	10,149	56,00	33,145	205,00	63,416
3,72	8,543	4,37	9,259	5,50	10,387	57,00	33,440	210,00	64,185
3,73	8,554	4,38	9,270	5,75	10,621	58,00	33,732	215,00	64,944
3,74	8,566	4,39	9,280	6,00	10,849	59,00	34,021	220,00	65,695
3,75	8,577	4,40	9,291	6,25	11,073	60,00	34,308	225,00	66,438
3,76	8,588	4,41	9,301	6,50	11,292	61,00	34,593	230,00	67,171
3,77	8,600	4,42	9,312	6,75	11,507	62,00	34,875	235,00	67,898
3,78	8,611	4,43	9,322	7,00	11,718	63,00	35,155	240,00	68,616
3,79	8,623	4,44	9,333	7,25	11,926	64,00	35,433	245,00	69,328
3,80	8,634	4,45	9,343	7,50	12,130	65,00	35,709	250,00	70,031
3,81	8,645	4,46	9,354	7,75	12,330	66,00	35,983	255,00	70,728
3,82	8,657	4,47	9,364	8,00	12,528	67,00	36,254	260,00	71,418
3,83	8,668	4,48	9,375	8,25	12,722	68,00	36,524	265,00	72,102
3,84	8,679	4,49	9,385	8,50	12,913	69,00	36,791	270,00	72,780
3,85	8,691	4,50	9,396	8,75	13,102	70,00	37,057	275,00	73,450
3,86	8,702	4,51	9,406	9,00	13,288	71,00	37,321	280,00	74,114
3,87	8,713	4,52	9,417	9,25	13,471	72,00	37,583	285,00	74,773
3,88	8,725	4,53	9,427	9,50	13,652	73,00	37,843	290,00	75,426
3,89	8,736	4,54	9,437	9,75	13,830	74,00	38,101	295,00	76,074
3,90	8,747	4,55	9,448	10,00	14,006	75,00	38,358	300,00	76,716
3,91	8,758	4,56	9,458	11,00	14,690	76,00	38,613		

TABLE II

La table II donne diverses fonctions du rayon et le coefficient de résistance b_1 dans les tuyaux dont le rayon varie de 0^m,01 à 0^m,75.

Les fonctions du rayon sont la racine carrée, la cinquième puissance, la racine carrée de la cinquième puissance, l'inverse du rayon et l'inverse de sa cinquième puissance. Toutes ces fonctions se rencontrent dans les diverses formules relatives au mouvement de l'eau dans les tuyaux ; toutes les fois que l'on aura à se servir d'une de ces formules, la présente table facilitera singulièrement le calcul.

Elle donne encore : 1° la section du tuyau exprimée en mètres carrés ; 2° la valeur du coefficient b_1 . Cette valeur s'applique à des tuyaux depuis longtemps en usage ; c'est le seul cas que l'on doit considérer dans la pratique. La valeur de b_1 est donc le double de celle inscrite aux tables de Darcy, puisque la résistance est moitié moindre dans les tuyaux neufs que dans les tuyaux depuis longtemps en usage.

Conduites équivalentes. — Une conduite ayant 1 000 mètres de longueur a un rayon de 0^m,15 sur 150 mètres, de 0^m,20 sur 250 mètres, de 0^m,10 sur 400 mètres, et de 0^m,08 sur 200 mètres, trouver une conduite équivalente de même longueur.

Le rayon de cette conduite est déterminé par la formule :

$$\frac{L}{R^5} = \frac{l}{r^5} + \frac{l'}{r'^5} + \frac{l''}{r''^5} + \dots$$

La table nous donne les valeurs des inverses des cinquièmes puissances des rayons et facilite le calcul. Le rayon R résulte de l'équation :

$$\frac{1}{R^5} = \frac{1}{1000} [150 \times 13168 + 250.3125 + 400.100000 + 200.303175] = 73278,$$

et la table nous apprend que R est compris entre 0^m,10 et 0^m,108. Le problème est donc rapidement résolu.

Nous avons donné cet exemple numérique afin de bien faire saisir tout le parti qu'on peut tirer de la table II.

Le lecteur pourra, grâce à cette table, faire rapidement l'application des formules exposées au chapitre quatre, et notamment des formules qui se rapportent à l'alimentation par plusieurs réservoirs.

**Table de diverses fonctions du rayon
et de la valeur du coefficient b_1 pour des tuyaux depuis longtemps
en service**

(Ce coefficient est double de celui qui est relatif aux tuyaux neufs)

RAYONS	RACINE CARRÉE DU RAYON \sqrt{r}	CARRÉ DU RAYON r^2	CINQUIÈME PUISSANCE du rayon r^5	RACINE CARRÉE DE LA CINQUIÈME PUISSANCE du rayon $\sqrt{r^5}$	INVERSE DU RAYON $\frac{1}{r}$	INVERSE DE LA CINQUIÈME PUISSANCE du rayon $\frac{1}{r^5}$	SECTION DU TUYAU (mètres carrés)	VALEURS DU COEFFICIENT b_1
mètres								
0,01	0,100	0,0001	0,0000000001	0,000010	100,00	10000000000	0,000314	0,002308
0,02	0,141	0,0004	0,0000000003	0,000057	50,00	312500000	0,00126	0,001660
0,027	0,167	0,0007	0,0000000014	0,000120	37,03	70388636	0,00143	0,001492
0,03	0,173	0,0009	0,0000000024	0,000155	33,33	41152270	0,00283	0,001444
0,04	0,200	0,0016	0,0000000102	0,000320	25,00	9765625	0,00503	0,001332
0,05	0,224	0,0025	0,0000000312	0,000559	20,00	3200000	0,00785	0,001272
0,054	0,232	0,0029	0,0000000459	0,000678	18,52	2177866	0,00916	0,001252
0,06	0,245	0,0036	0,0000000778	0,000882	16,67	1286009	0,0113	0,001228
0,07	0,265	0,0049	0,0000001681	0,001296	14,29	594990	0,0154	0,001196
0,08	0,283	0,0064	0,0000003277	0,001810	12,50	305175	0,0201	0,001172
0,081	0,285	0,0066	0,0000003486	0,001867	12,35	284015	0,0206	0,001172
0,09	0,300	0,0081	0,0000005901	0,002430	11,11	169351	0,0264	0,001156
0,10	0,316	0,0100	0,0000010000	0,003162	10,00	100000	0,0314	0,001142
0,108	0,329	0,0117	0,0000014683	0,003832	9,26	68105	0,0366	0,001132
0,11	0,332	0,0121	0,0000016105	0,004013	9,09	62092	0,0380	0,001130
0,12	0,346	0,0144	0,0000024883	0,004988	8,33	40187	0,0452	0,001121
0,13	0,361	0,0169	0,0000037129	0,006093	7,69	26932	0,0531	0,001112
0,135	0,367	0,0182	0,0000044816	0,006694	7,41	22313	0,0573	0,001108
0,14	0,374	0,0196	0,0000053782	0,007334	7,14	18593	0,0616	0,001104
0,15	0,387	0,0225	0,0000075937	0,008714	6,67	13168	0,0707	0,001100
0,16	0,400	0,0256	0,0000104857	0,010240	6,25	9536	0,0804	0,001100
0,162	0,402	0,0262	0,0000111543	0,010561	6,17	8965	0,0830	0,001100
0,17	0,412	0,0289	0,0000141985	0,011916	5,88	7042	0,0908	0,001090
0,18	0,424	0,0324	0,0000188956	0,013746	5,55	5292	0,1018	0,001084
0,19	0,436	0,0361	0,0000266610	0,015735	5,26	3750	0,1134	0,001082
0,20	0,447	0,0400	0,0000320000	0,017888	5,00	3125	0,1257	0,001078
0,21	0,458	0,0441	0,0000408410	0,020209	4,76	2448	0,1385	0,001074
0,216	0,463	0,0467	0,0000460560	0,021587	4,63	2171	0,145	0,001072

RAYONS	RACINE CARRÉE DU RAYON \sqrt{r}	CARRÉ DU RAYON r^2	CINQUIÈME PUISSANCE du rayon r^5	RACINE CARRÉE DE LA CINQUIÈME PUISSANCE du rayon $\sqrt[5]{r^5}$	INVERSE DU RAYON $\frac{1}{r}$	INVERSE DE LA CINQUIÈME PUISSANCE du rayon $\frac{1}{r^5}$	SECTION DU TUSAU (mètres carrés)	VALEURS DU COEFFICIENT b_1
mètres.								
0,22	0,469	0,0484	0,000515363	0,022702	4,55	1940	0,152	0,001072
0,23	0,480	0,0529	0,000643634	0,025370	4,35	1553	0,166	0,001070
0,24	0,490	0,0576	0,000796	0,0282	4,17	1255	0,181	0,001066
0,25	0,500	0,0625	0,000977	0,0312	4,00	1024	0,196	0,001064
0,26	0,510	0,0676	0,001188	0,0345	3,85	841	0,212	0,001063
0,27	0,520	0,0729	0,001435	0,0379	3,70	697	0,229	0,001062
0,28	0,529	0,0784	0,001721	0,0415	3,57	581	0,246	0,001060
0,29	0,538	0,0841	0,002051	0,0453	3,45	487	0,264	0,001058
0,30	0,547	0,0900	0,002410	0,0495	3,33	418	0,283	0,001056
0,31	0,556	0,0961	0,002863	0,0535	3,23	349	0,302	0,001054
0,32	0,565	0,102	0,003355	0,0579	3,13	298	0,322	0,001052
0,325	0,570	0,106	0,003626	0,0602	3,07	276	0,332	0,001052
0,33	0,574	0,109	0,003914	0,0626	3,03	256	0,342	0,001051
0,34	0,583	0,116	0,004544	0,0675	2,94	220	0,363	0,001050
0,35	0,592	0,122	0,005252	0,0725	2,86	190	0,385	0,001050
0,36	0,600	0,130	0,006047	0,0778	2,78	165	0,407	0,001049
0,37	0,608	0,137	0,006934	0,0833	2,70	144	0,430	0,001048
0,38	0,616	0,144	0,007924	0,0890	2,63	126	0,454	0,001047
0,39	0,624	0,152	0,009022	0,0950	2,57	111	0,478	0,001047
0,40	0,632	0,160	0,010240	0,101	2,50	98	0,503	0,001046
0,41	0,640	0,168	0,011586	0,108	2,44	86	0,528	0,001045
0,42	0,648	0,176	0,013069	0,114	2,38	77	0,554	0,001044
0,43	0,656	0,185	0,014701	0,121	2,33	68	0,581	0,001044
0,44	0,663	0,194	0,016492	0,128	2,27	60,64	0,608	0,001043
0,45	0,670	0,202	0,018453	0,136	2,22	54,19	0,636	0,001042
0,46	0,678	0,212	0,020596	0,144	2,17	48,55	0,665	0,001041
0,47	0,686	0,231	0,022935	0,151	2,13	43,60	0,694	0,001040
0,48	0,693	0,230	0,025480	0,160	2,08	39,25	0,724	0,001040
0,49	0,700	0,240	0,028248	0,168	2,04	35,40	0,754	0,001039
0,50	0,707	0,250	0,031250	0,177	2,00	32,00	0,785	0,001038
0,55	0,742	0,302	0,0503	0,226	1,82	19,87	0,950	0,001034
0,60	0,775	0,360	0,0778	0,279	1,66	12,86	1,13	0,001030
0,75	0,866	0,563	0,237	0,487	1,33	4,21	1,77	0,001

TABLE III

**Débits, vitesses et charges dans les tuyaux de divers diamètres
depuis longtemps en service**

TABLE CALCULÉE PAR L'AUTEUR A L'AIDE DES EXPÉRIENCES DE DARCY

La table III a été établie au moyen de la formule

$$(1) \quad rj = b_1 u^2,$$

dans laquelle on a donné au coefficient b_1 des valeurs doubles de celles qui conviennent aux tuyaux neufs.

Cette table est à double entrée: la charge et le diamètre. Nous avons pris des charges variant de $0^m,0001$ à $0^m,20$ par mètre; comme c'est dans le cas des petites charges que la précision est surtout désirable, nous avons considéré: 1° celles qui varient de dixième en dixième de millimètre de $0^m,0001$ à $0^m,001$; 2° celles qui varient de millimètre en millimètre de $0^m,001$ à $0^m,01$; 3° celles qui varient de 5 en 5 millimètres de $0^m,01$ à $0^m,05$; 4° celles qui varient de centimètre en centimètre de $0^m,05$ à $0^m,10$; 5° et enfin les charges de $0^m,12$, $0^m,15$, $0^m,20$, qui ne peuvent se rencontrer dans la pratique que d'une manière exceptionnelle.

Les données ordinaires du problème de la distribution sont la charge disponible et le débit qu'on veut obtenir, et ces deux quantités sont liées par la relation

$$(2) \quad j = \frac{b_1 q^2}{\pi^2 r^5};$$

mais le coefficient b_1 dépendant de r , l'emploi de cette formule exige une série de tâtonnements; elle conduisait donc à de trop longs calculs.

C'est ce qui nous a amené à adopter pour entrées la charge et le rayon ; les trois quantités r , j , b , sont alors connues dans la formule (1), on en déduit la vitesse u qui, multipliée par la section, donne le débit.

Avec des tuyaux neufs, le débit réel sera supérieur au débit calculé, mais il s'atténuera avec le temps et c'est sur l'avenir qu'il faut tabler pour éviter tout mécompte.

La table III permet de résoudre immédiatement les six problèmes que nous avons étudiés au chapitre quatre et qui résultent de la combinaison des quatre quantités :

Le rayon r de la conduite, la charge j par mètre courant, la vitesse moyenne u et le débit q .

Ces quatre quantités sont liées par deux équations, de sorte que d'eux d'entre elles étant données, on peut calculer les deux autres.

Cela donne lieu à six problèmes ; deux seulement sont intéressants au point de vue pratique.

PREMIER PROBLÈME. — *Connaissant le rayon d'une conduite et la charge par mètre courant, déterminer la vitesse moyenne et le débit.*

Soit une conduite de 0^m,20 de diamètre, ou de 0^m,10 de rayon, soumise à une charge de 0^m,001 par mètre ; cherchons sur la ligne horizontale supérieure de la table le diamètre 0^m,20, et descendons les deux colonnes verticales correspondantes jusqu'à la ligne horizontale correspondant à la charge 0^m,001, nous trouverons pour la valeur du débit 0^m,00929, soit 9 litres 29 centilitres, à la seconde.

Si les données ne se trouvent pas exactement dans les tables, on procède par interpolation, dans la forme ordinaire. Exemple : prenons avec le même diamètre la charge 0^m,0012, la vitesse sera comprise entre 0^m,296 et 0^m,407, et le débit entre 0^m,00929 et 0^m,0128. Les différences sont 0^m,111 et 0^m,00351, dont les deux dixièmes sont égaux à 0^m,0222, et 0^m,0007 ; la vitesse sera donc de :

$$0,296 + 0,0222 = 0,0318$$

et le débit

$$0,00929 + 0,0007 = 0,00999.$$

DEUXIÈME PROBLÈME. — *Connaissant la charge disponible et le débit à obtenir, on demande le rayon et la vitesse.*

Soit une charge 0^m,001 et un débit de 15 litres à la seconde, ou de 0^m,015 ; suivons la ligne horizontale qui commence par 0^m,001 jus-

qu'à ce que nous rencontrions le débit $0^m,045$, nous voyons qu'il correspond à un tuyau d'un diamètre intermédiaire entre $0^m,23$ et $0^m,25$; nous adopterons donc un diamètre de $0^m,24$, et la vitesse moyenne sera comprise entre $0^m,32$ et $0^m,335$. Cette approximation est bien suffisante, eu égard à l'approximation des nombres fournis par l'expérience.

VITESSES D'ÉCOULEMENT EN MÈTRES
ET DÉBITS EN MÈTRES CUBES PAR SECONDE POUR DES TUYAUX DE

CHARGES PAR MÈTRE COUBANT DE TUYAU	Diamètre 0 ^m .01 Surface 0 ^m 2,000079		Diamètre 0 ^m .02 Surface 0 ^m 2,000314		Diamètre 0 ^m .027 Surface 0 ^m 2,000573		Diamètre 0 ^m .03 Surface 0 ^m 2,000707		Diamètre 0 ^m .03 Surface 0 ^m 2,00126	
	Vitesse	Débit	Vitesse	Débit	Vitesse	Débit	Vitesse	Débit	Vitesse	Débit
	0,0001	0,012	0,00000095	0,021	0,0000066	0,026	0,0000149	0,028	0,0000198	0,034
0,0002	0,013	0,00000103	0,029	0,0000091	0,036	0,0000206	0,039	0,0000276	0,048	0,000060
0,0003	0,019	0,0000015	0,035	0,0000110	0,044	0,0000252	0,048	0,0000339	0,058	0,000073
0,0004	0,023	0,0000018	0,041	0,0000129	0,052	0,0000298	0,056	0,0000396	0,069	0,000087
0,0005	0,026	0,0000021	0,045	0,0000141	0,057	0,0000307	0,062	0,0000438	0,073	0,000094
0,0006	0,027	0,0000021	0,049	0,0000154	0,062	0,0000355	0,067	0,0000474	0,082	0,000103
0,0007	0,029	0,0000023	0,054	0,0000169	0,067	0,0000384	0,073	0,0000516	0,089	0,000112
0,0008	0,033	0,0000026	0,058	0,0000182	0,072	0,0000413	0,078	0,0000551	0,096	0,000121
0,0009	0,035	0,0000028	0,062	0,0000195	0,078	0,0000447	0,084	0,0000594	0,103	0,000130
0,001	0,037	0,0000029	0,066	0,0000207	0,083	0,0000476	0,090	0,0000636	0,110	0,000139
0,002	0,053	0,0000042	0,093	0,0000292	0,117	0,0000670	0,126	0,0000891	0,154	0,000194
0,003	0,064	0,0000051	0,113	0,0000355	0,142	0,0000814	0,154	0,000109	0,189	0,000238
0,004	0,074	0,0000058	0,130	0,0000408	0,163	0,0000934	0,176	0,000124	0,216	0,000272
0,005	0,083	0,0000066	0,146	0,0000458	0,184	0,000105	0,199	0,000141	0,244	0,000307
0,006	0,090	0,0000071	0,155	0,0000487	0,199	0,000114	0,216	0,000153	0,264	0,000333
0,007	0,098	0,0000077	0,173	0,0000543	0,218	0,000125	0,235	0,000166	0,288	0,000363
0,008	0,104	0,0000082	0,185	0,0000581	0,231	0,000132	0,249	0,000176	0,305	0,000384
0,009	0,111	0,0000088	0,196	0,0000615	0,246	0,000141	0,266	0,000188	0,326	0,000411
0,01	0,117	0,0000092	0,206	0,0000647	0,259	0,000148	0,280	0,000198	0,343	0,000432
0,015	0,143	0,0000113	0,251	0,0000788	0,316	0,000181	0,342	0,000242	0,418	0,000527
0,02	0,165	0,0000130	0,290	0,0000911	0,365	0,000209	0,395	0,000279	0,484	0,000610
0,025	0,185	0,0000146	0,325	0,000102	0,409	0,000234	0,442	0,000312	0,542	0,000683
0,03	0,202	0,0000159	0,356	0,000112	0,448	0,000257	0,484	0,000342	0,593	0,000737
0,035	0,219	0,0000173	0,385	0,000121	0,484	0,000277	0,524	0,000370	0,641	0,000808
0,04	0,234	0,0000185	0,412	0,000129	0,518	0,000297	0,560	0,000396	0,686	0,000864
0,045	0,248	0,0000196	0,437	0,000137	0,549	0,000315	0,594	0,000420	0,727	0,000916
0,05	0,261	0,0000206	0,459	0,000144	0,578	0,000331	0,624	0,000441	0,765	0,000964
0,06	0,287	0,0000226	0,505	0,000159	0,635	0,000364	0,686	0,000485	0,834	0,00105
0,07	0,310	0,0000245	0,546	0,000171	0,686	0,000393	0,742	0,000525	0,909	0,00115
0,08	0,331	0,0000261	0,583	0,000183	0,733	0,000420	0,792	0,000560	0,973	0,00123
0,09	0,351	0,0000277	0,618	0,000194	0,777	0,000445	0,840	0,000594	1,029	0,00130
0,10	0,370	0,0000292	0,651	0,000204	0,818	0,000469	0,885	0,000626	1,084	0,00137
0,12	0,405	0,0000320	0,713	0,000224	0,896	0,000513	0,969	0,000685	1,187	0,00150
0,15	0,453	0,0000358	0,797	0,000250	1,002	0,000574	1,084	0,000766	1,327	0,00167
0,20	0,523	0,0000413	0,921	0,000289	1,158	0,000664	1,252	0,001084	1,533	0,00193

CHARGES PAR MÈTRE COURANT DE TUYAU	VITESSES D'ÉCOULEMENT EN MÈTRES ET							
	DIAMÈTRE 0 ^m ,05 SURFACE 0 ^m 2,00196		DIAMÈTRE 0 ^m ,054 SURFACE 0 ^m 2,00229		DIAMÈTRE 0 ^m ,06 SURFACE 0 ^m 2,00283		DIAMÈTRE 0 ^m ,07 SURFACE 0 ^m 2,00385	
	Vitesse	Débit	Vitesse	Débit	Vitesse	Débit	Vitesse	Débit
0,0001	0,040	0,000078	0,042	0,000096	0,045	0,00013	0,050	0,00019
0,0002	0,056	0,00011	0,059	0,00014	0,063	0,00018	0,070	0,00027
0,0003	0,068	0,00013	0,072	0,00016	0,077	0,00022	0,085	0,00033
0,0004	0,080	0,00016	0,084	0,00019	0,090	0,00025	0,100	0,00038
0,0005	0,088	0,00017	0,093	0,00021	0,099	0,00028	0,110	0,00042
0,0006	0,096	0,00019	0,101	0,00023	0,108	0,00031	0,120	0,00046
0,0007	0,104	0,00020	0,109	0,00025	0,117	0,00033	0,129	0,00049
0,0008	0,112	0,00022	0,118	0,00027	0,126	0,00036	0,139	0,00053
0,0009	0,120	0,00024	0,126	0,00029	0,135	0,00038	0,149	0,00057
0,001	0,128	0,00025	0,135	0,00031	0,144	0,00041	0,159	0,00061
0,002	0,180	0,00035	0,189	0,00043	0,203	0,00057	0,224	0,00086
0,003	0,220	0,00043	0,232	0,00053	0,248	0,00070	0,274	0,00105
0,004	0,252	0,00049	0,265	0,00061	0,284	0,00080	0,314	0,00121
0,005	0,284	0,00056	0,299	0,00068	0,321	0,00091	0,354	0,00136
0,006	0,308	0,00060	0,324	0,00074	0,347	0,00098	0,383	0,00147
0,007	0,336	0,00066	0,354	0,00081	0,379	0,00107	0,418	0,00161
0,008	0,356	0,00070	0,375	0,00086	0,401	0,00113	0,443	0,00171
0,009	0,380	0,00074	0,400	0,00092	0,428	0,00121	0,473	0,00182
0,01	0,400	0,00078	0,421	0,00096	0,451	0,00128	0,498	0,00191
0,015	0,488	0,00096	0,514	0,00118	0,550	0,00156	0,598	0,00229
0,02	0,564	0,00111	0,594	0,00136	0,636	0,00180	0,702	0,00270
0,025	0,632	0,00124	0,665	0,00152	0,713	0,00202	0,787	0,00303
0,03	0,692	0,00136	0,728	0,00177	0,780	0,00221	0,862	0,00332
0,035	0,748	0,00147	0,787	0,00180	0,843	0,00239	0,921	0,00345
0,04	0,800	0,00157	0,842	0,00193	0,902	0,00255	0,996	0,00372
0,045	0,848	0,00166	0,893	0,00204	0,956	0,00271	1,056	0,00407
0,05	0,892	0,00175	0,939	0,00215	1,006	0,00285	1,111	0,00428
0,06	0,980	0,00192	1,031	0,00236	1,105	0,00313	1,220	0,00470
0,07	1,060	0,00208	1,116	0,00266	1,195	0,00338	1,321	0,00509
0,08	1,122	0,00220	1,191	0,00273	1,276	0,00361	1,409	0,00542
0,09	1,200	0,00235	1,263	0,00289	1,353	0,00382	1,494	0,00574
0,10	1,264	0,00248	1,330	0,00305	1,425	0,00402	1,574	0,00606
0,12	1,384	0,00271	1,457	0,00334	1,560	0,00445	1,723	0,00663
0,15	1,548	0,00303	1,629	0,00373	1,745	0,00494	1,927	0,00732
0,20	1,783	0,00350	1,882	0,00431	2,016	0,00571	2,226	0,00857

DÉBITS EN MÈTRES CUBES PAR SECONDE POUR DES TUYAUX DE

DIAMÈTRE 0 ^m .081 SURFACE 0 ^{m2} .00515		DIAMÈTRE 0 ^m .09 SURFACE 0 ^{m2} .00636		DIAMÈTRE 0 ^m .10 SURFACE 0 ^{m2} .00785		DIAMÈTRE 0 ^m .108 SURFACE 0 ^{m2} .00916		DIAMÈTRE 0 ^m .12 SURFACE 0 ^{m2} .0113	
Vitesse	Débit	Vitesse	Débit	Vitesse	Débit	Vitesse	Débit	Vitesse	Débit
0,055	0,00028	0,058	0,00037	0,062	0,00049	0,065	0,00059	0,068	0,00077
0,066	0,00034	0,082	0,00052	0,087	0,00068	0,090	0,00082	0,095	0,0011
0,093	0,00048	0,099	0,00063	0,105	0,00082	0,110	0,00101	0,116	0,0013
0,109	0,00056	0,116	0,00074	0,124	0,00097	0,129	0,00118	0,136	0,0015
0,120	0,00062	0,128	0,00081	0,136	0,00107	0,142	0,00130	0,150	0,0017
0,131	0,00067	0,140	0,00089	0,149	0,00117	0,155	0,00142	0,163	0,0018
0,142	0,00073	0,151	0,00096	0,161	0,00126	0,168	0,00154	0,175	0,0020
0,153	0,00079	0,163	0,00104	0,174	0,00137	0,181	0,00166	0,191	0,0022
0,164	0,00084	0,175	0,00111	0,186	0,00146	0,194	0,00178	0,204	0,0023
0,175	0,00090	0,186	0,00118	0,198	0,00155	0,207	0,00190	0,218	0,0025
0,246	0,00127	0,262	0,00167	0,279	0,00219	0,291	0,00267	0,306	0,0035
0,300	0,00154	0,320	0,00204	0,341	0,00268	0,355	0,00325	0,375	0,0042
0,345	0,00178	0,367	0,00233	0,391	0,00307	0,407	0,00373	0,429	0,0048
0,388	0,00200	0,413	0,00263	0,440	0,00345	0,459	0,00420	0,484	0,0055
0,420	0,00216	0,448	0,00285	0,477	0,00374	0,497	0,00455	0,524	0,0059
0,459	0,00236	0,489	0,00311	0,521	0,00409	0,543	0,00497	0,572	0,0065
0,486	0,00250	0,518	0,00329	0,552	0,00433	0,575	0,00527	0,606	0,0068
0,519	0,00267	0,553	0,00352	0,589	0,00462	0,614	0,00562	0,647	0,0073
0,546	0,00281	0,582	0,00370	0,620	0,00487	0,646	0,00592	0,681	0,0077
0,666	0,00343	0,710	0,00452	0,756	0,00593	0,788	0,00722	0,831	0,0094
0,770	0,00397	0,821	0,00522	0,874	0,00686	0,911	0,00834	0,960	0,0108
0,863	0,00444	0,920	0,00585	0,980	0,00769	1,021	0,00935	1,076	0,0122
0,945	0,00487	1,007	0,00640	1,073	0,00812	1,118	0,01024	1,178	0,0133
1,021	0,00526	1,088	0,00692	1,159	0,00910	1,208	0,01107	1,267	0,0143
1,092	0,00562	1,164	0,00740	1,240	0,00973	1,292	0,01183	1,362	0,0154
1,158	0,00596	1,244	0,00791	1,314	0,01031	1,370	0,01255	1,444	0,0163
1,218	0,00627	1,298	0,00826	1,383	0,01086	1,441	0,01320	1,519	0,0172
1,338	0,00689	1,426	0,00907	1,519	0,01192	1,583	0,01542	1,668	0,0188
1,447	0,00745	1,542	0,00981	1,603	0,01258	1,712	0,01568	1,805	0,0204
1,515	0,00780	1,647	0,01047	1,755	0,01378	1,828	0,01674	1,927	0,0218
1,638	0,00844	1,746	0,01110	1,860	0,01460	1,938	0,01775	2,043	0,0231
1,725	0,00888	1,859	0,01170	1,959	0,01538	2,041	0,01869	2,152	0,0243
1,889	0,00973	2,014	0,01281	2,145	0,01684	2,235	0,02047	2,356	0,0266
2,113	0,01188	2,252	0,01532	2,399	0,01883	2,500	0,02290	2,629	0,0297
2,441	0,01257	2,602	0,01655	2,771	0,02175	2,888	0,02645	3,044	0,0344

CHARGES par MÈTRE COURANT DE TUYAU	VITESSE D'ÉCOULEMENT EN MÈTRES ET									
	DIAMÈTRE 0 ^m ,135 SECTION 0 ^m 2,0143		DIAMÈTRE 0 ^m ,15 SECTION 0 ^m 2,0177		DIAMÈTRE 0 ^m ,162 SECTION 0 ^m 2,0206		DIAMÈTRE 0 ^m ,18 SECTION 0 ^m 2,0264		DIAMÈTRE 0 ^m ,19 SECTION 0 ^m 2,0284	
	Vitesse	Débit	Vitesse	Débit	Vitesse	Débit	Vitesse	Débit	Vitesse	Débit
0,0001	0,074	0,00106	0,079	0,00140	0,082	0,00169	0,087	0,00230	0,089	0,00253
0,0002	0,104	0,00153	0,110	0,00195	0,115	0,00237	0,121	0,00319	0,124	0,00352
0,0003	0,126	0,00180	0,134	0,00237	0,140	0,00288	0,148	0,00391	0,151	0,00429
0,0004	0,148	0,00212	0,157	0,00278	0,164	0,00338	0,174	0,00459	0,178	0,00506
0,0005	0,163	0,00233	0,173	0,00306	0,180	0,00351	0,192	0,00507	0,196	0,00557
0,0006	0,178	0,00254	0,189	0,00334	0,197	0,00406	0,210	0,00554	0,213	0,00605
0,0007	0,193	0,00276	0,204	0,00361	0,214	0,00441	0,227	0,00599	0,231	0,00656
0,0008	0,207	0,00296	0,220	0,00389	0,230	0,00474	0,244	0,00644	0,249	0,00707
0,0009	0,222	0,00317	0,236	0,00418	0,247	0,00509	0,262	0,00692	0,207	0,00758
0,001	0,237	0,00339	0,252	0,00446	0,263	0,00542	0,279	0,00737	0,284	0,00807
0,002	0,333	0,00476	0,354	0,00627	0,370	0,00762	0,393	0,0104	0,400	0,0114
0,003	0,408	0,00583	0,433	0,00766	0,452	0,00931	0,480	0,0127	0,489	0,0139
0,004	0,467	0,00668	0,494	0,00874	0,518	0,0107	0,550	0,0145	0,560	0,0159
0,005	0,526	0,00752	0,559	0,00984	0,584	0,0120	0,620	0,0164	0,631	0,0179
0,006	0,571	0,00816	0,606	0,0107	0,634	0,0131	0,672	0,0177	0,685	0,0195
0,007	0,622	0,00889	0,661	0,0117	0,690	0,0142	0,733	0,0194	0,747	0,0213
0,008	0,659	0,00942	0,700	0,0124	0,732	0,0151	0,777	0,0205	0,791	0,0225
0,009	0,704	0,0101	0,748	0,0132	0,781	0,0161	0,829	0,0219	0,845	0,0240
0,01	0,741	0,0106	0,787	0,0139	0,822	0,0169	0,873	0,0230	0,889	0,0252
0,015	0,904	0,0129	0,960	0,0170	1,00	0,0206	1,07	0,0282	1,08	0,0307
0,02	1,045	0,0149	1,11	0,0196	1,16	0,0239	1,23	0,0325	1,25	0,0355
0,025	1,17	0,0167	1,24	0,0219	1,30	0,0268	1,38	0,0364	1,40	0,0398
0,03	1,28	0,0183	1,40	0,0248	1,42	0,0293	1,51	0,0399	1,54	0,0437
0,035	1,38	0,0197	1,48	0,0262	1,54	0,0317	1,63	0,0430	1,66	0,0471
0,04	1,48	0,0212	1,57	0,0275	1,64	0,0338	1,75	0,0462	1,78	0,0506
0,045	1,57	0,0224	1,67	0,0296	1,74	0,0358	1,85	0,0488	1,88	0,0534
0,05	1,65	0,0236	1,76	0,0311	1,83	0,0377	1,95	0,0515	1,98	0,0562
0,06	1,82	0,0260	1,93	0,0342	2,01	0,0414	2,14	0,0565	2,18	0,0619
0,07	1,96	0,0280	2,08	0,0368	2,18	0,0449	2,31	0,0610	2,36	0,0670
0,08	2,10	0,0300	2,23	0,0395	2,33	0,0480	2,47	0,0652	2,52	0,0716
0,09	2,22	0,0317	2,36	0,0418	2,47	0,0509	2,62	0,0692	2,67	0,0758
0,10	2,34	0,0335	2,49	0,0441	2,60	0,0536	2,76	0,0729	2,81	0,0798
0,12	2,56	0,0366	2,72	0,0481	2,84	0,0585	3,02	0,0797	3,08	0,0875
0,15	2,87	0,0440	3,05	0,0540	3,18	0,0655	3,38	0,0892	3,44	0,0977
0,20	3,31	0,0473	3,52	0,0623	3,67	0,0756	3,90	0,1030	3,97	0,1127

DÉBITS EN MÈTRES CUBES PAR SECONDE POUR DES TUYAUX DE

DIAMÈTRE 0 ^m ,20 SECTION 0 ^m 2,0314		DIAMÈTRE 0 ^m ,216 SECTION 0 ^m 2,0366		DIAMÈTRE 0 ^m ,23 SECTION 0 ^m 2,0415		DIAMÈTRE 0 ^m ,25 SECTION 0 ^m 2,0491		DIAMÈTRE 0 ^m ,27 SECTION 0 ^m 2,0573		DIAMÈTRE 0 ^m ,29 SECTION 0 ^m 2,066	
Vitesse	Débit	Vitesse	Débit	Vitesse	Débit	Vitesse	Débit	Vitesse	Débit	Vitesse	Débit
0,093	0,00292	0,097	0,00355	0,100	0,00415	0,105	0,00516	0,109	0,00625	0,114	0,00752
0,130	0,00408	0,135	0,00494	0,140	0,00581	0,147	0,00722	0,153	0,00877	0,159	0,0105
0,157	0,00493	0,164	0,00600	0,170	0,00705	0,178	0,00874	0,186	0,0107	0,193	0,0127
0,185	0,00581	0,193	0,00706	0,200	0,00830	0,210	0,0103	0,218	0,0125	0,227	0,0150
0,204	0,00641	0,213	0,00780	0,220	0,00913	0,231	0,0113	0,240	0,0138	0,250	0,0165
0,221	0,00694	0,230	0,00842	0,240	0,00996	0,252	0,0124	0,262	0,0150	0,272	0,0180
0,241	0,00757	0,251	0,00919	0,260	0,0108	0,272	0,0134	0,284	0,0163	0,295	0,0195
0,259	0,00813	0,270	0,00988	0,280	0,0115	0,293	0,0144	0,306	0,0175	0,318	0,0210
0,278	0,00873	0,290	0,0106	0,300	0,0124	0,314	0,0154	0,328	0,0188	0,340	0,0224
0,296	0,00929	0,309	0,0113	0,320	0,0133	0,335	0,0164	0,349	0,0200	0,363	0,0240
0,407	0,0128	0,435	0,0159	0,450	0,0187	0,472	0,0232	0,491	0,0281	0,511	0,0337
0,509	0,0160	0,531	0,0194	0,550	0,0228	0,576	0,0283	0,601	0,0344	0,624	0,0412
0,583	0,0183	0,609	0,0223	0,630	0,0261	0,660	0,0324	0,688	0,0394	0,715	0,0472
0,657	0,0206	0,686	0,0251	0,710	0,0295	0,744	0,0365	0,775	0,0449	0,806	0,0532
0,713	0,0224	0,744	0,0272	0,770	0,0320	0,807	0,0396	0,841	0,0482	0,874	0,0577
0,777	0,0244	0,811	0,0297	0,840	0,0349	0,880	0,0432	0,917	0,0525	0,953	0,0629
0,824	0,0259	0,860	0,0315	0,890	0,0369	0,933	0,0458	0,972	0,0557	1,01	0,0667
0,880	0,0276	0,918	0,0336	0,950	0,0394	0,996	0,0489	1,04	0,0596	1,08	0,0713
0,926	0,0291	0,966	0,0354	1,00	0,0415	1,05	0,0516	1,09	0,0625	1,14	0,0752
1,13	0,0355	1,18	0,0432	1,22	0,0506	1,28	0,0628	1,33	0,0762	1,38	0,0911
1,30	0,0408	1,36	0,0498	1,41	0,0585	1,48	0,0727	1,54	0,0882	1,60	0,1056
1,46	0,0458	1,53	0,0560	1,58	0,0656	1,66	0,0815	1,73	0,0991	1,79	0,1181
1,60	0,0502	1,67	0,0611	1,73	0,0718	1,81	0,0889	1,89	0,1084	1,96	0,1294
1,73	0,0543	1,81	0,0662	1,87	0,0776	1,96	0,0952	2,04	0,1169	2,12	0,1399
1,85	0,0581	1,93	0,0706	2,00	0,0830	2,10	0,1031	2,18	0,1249	2,27	0,1498
1,96	0,0615	2,05	0,0750	2,12	0,0880	2,22	0,1090	2,32	0,1329	2,41	0,1591
2,06	0,0647	2,15	0,0787	2,23	0,0925	2,34	0,1149	2,43	0,1392	2,53	0,1670
2,26	0,0710	2,37	0,0867	2,45	0,1017	2,55	0,1252	2,68	0,1536	2,78	0,1835
2,45	0,0769	2,56	0,0937	2,65	0,1100	2,78	0,1365	2,89	0,1656	3,01	0,1987
2,62	0,0823	2,73	0,0999	2,83	0,1174	2,97	0,1458	3,09	0,1771	3,21	0,2119
2,78	0,0873	2,90	0,1061	3,00	0,1245	3,14	0,1542	3,28	0,1879	3,41	0,2251
2,93	0,0920	3,05	0,1116	3,16	0,1311	3,31	0,1625	3,45	0,1977	3,59	0,2369
3,19	0,1092	3,34	0,1222	3,46	0,1436	3,63	0,1782	3,78	0,2166	3,93	0,2594
3,58	0,1124	3,74	0,1369	3,87	0,1606	4,06	0,1993	4,23	0,2424	4,39	0,2997
4,03	0,1265	4,32	0,1581	4,47	0,1855	4,68	0,2298	4,88	0,2796	5,07	0,3346

CHARGES PAR MÈTRE COURANT DE TUYAU	VITESSES D'ÉCOULEMENT EN MÈTRES ET							
	DIAMÈTRE 0 ^m ,30 SECTION 0 ^m 2,0707		DIAMÈTRE 0 ^m ,325 SECTION 0 ^m 2,083		DIAMÈTRE 0 ^m ,34 SECTION 0 ^m 2,0908		DIAMÈTRE 0 ^m ,36 SECTION 0 ^m 2,1018	
	Vitesse	Débit	Vitesse	Débit	Vitesse	Débit	Vitesse	Débit
0,0001	0,116	0,0082	0,121	0,010	0,124	0,011	0,127	0,013
0,0002	0,162	0,0115	0,169	0,014	0,173	0,016	0,178	0,019
0,0003	0,197	0,0139	0,205	0,017	0,210	0,019	0,217	0,022
0,0004	0,231	0,0163	0,241	0,020	0,247	0,022	0,255	0,026
0,0005	0,254	0,0185	0,266	0,022	0,272	0,025	0,280	0,029
0,0006	0,277	0,0196	0,290	0,024	0,297	0,027	0,306	0,031
0,0007	0,301	0,0212	0,314	0,026	0,321	0,029	0,331	0,034
0,0008	0,324	0,0229	0,338	0,028	0,346	0,031	0,357	0,036
0,0009	0,347	0,0245	0,362	0,030	0,371	0,034	0,382	0,039
0,001	0,370	0,0262	0,386	0,032	0,396	0,036	0,408	0,042
0,002	0,520	0,0364	0,543	0,045	0,556	0,050	0,573	0,059
0,003	0,636	0,0460	0,664	0,055	0,680	0,062	0,701	0,071
0,004	0,728	0,0505	0,760	0,063	0,779	0,071	0,803	0,082
0,005	0,821	0,0581	0,857	0,071	0,878	0,079	0,905	0,092
0,006	0,890	0,0629	0,929	0,077	0,952	0,086	0,981	0,100
0,007	0,971	0,0686	1,01	0,084	1,04	0,094	1,07	0,109
0,008	1,03	0,0728	1,07	0,089	1,10	0,100	1,13	0,115
0,009	1,10	0,0778	1,15	0,095	1,17	0,106	1,21	0,123
0,01	1,16	0,0821	1,21	0,100	1,24	0,113	1,27	0,130
0,015	1,41	0,0997	1,47	0,122	1,51	0,137	1,55	0,158
0,02	1,63	0,115	1,70	0,141	1,74	0,150	1,80	0,183
0,025	1,83	0,129	1,91	0,159	1,95	0,177	2,01	0,205
0,03	2,00	0,141	2,09	0,173	2,14	0,194	2,20	0,224
0,035	2,16	0,153	2,26	0,187	2,31	0,219	2,38	0,242
0,04	2,31	0,163	2,41	0,200	2,47	0,224	2,55	0,260
0,045	2,45	0,174	2,56	0,212	2,62	0,238	2,70	0,275
0,05	2,58	0,182	2,69	0,223	2,76	0,251	2,81	0,286
0,06	2,83	0,200	2,96	0,246	3,03	0,275	3,11	0,317
0,07	3,06	0,217	3,20	0,266	3,27	0,297	3,38	0,344
0,08	3,27	0,231	3,42	0,283	3,50	0,318	3,61	0,367
0,09	3,47	0,245	3,62	0,300	3,71	0,337	3,82	0,389
0,10	3,65	0,258	3,81	0,316	3,91	0,355	4,03	0,410
0,12	4,00	0,283	4,18	0,342	4,28	0,389	4,41	0,449
0,15	4,47	0,316	4,67	0,388	4,78	0,405	4,93	0,502
0,20	5,17	0,366	5,40	0,448	5,52	0,501	5,69	0,580

DÉBITS EN MÈTRES CUBES PAR SECONDE POUR DES TUYAUX DE

DIAMÈTRE 0 ^m ,38 SECTION 0 ^m 2,1134		DIAMÈTRE 0 ^m ,40 SECTION 0 ^m 2,1257		DIAMÈTRE 0 ^m ,42 SECTION 0 ^m 2,1385		DIAMÈTRE 0 ^m ,44 SECTION 0 ^m 2,152		DIAMÈTRE 0 ^m ,46 SECTION 0 ^m 2,166		DIAMÈTRE 0 ^m ,48 SECTION 0 ^m 2,181	
Vitesse	Débit	Vitesse	Débit	Vitesse	Débit	Vitesse	Débit	Vitesse	Débit	Vitesse	Débit
0,131	0,015	0,135	0,017	0,138	0,019	0,142	0,022	0,145	0,024	0,148	0,027
0,184	0,021	0,189	0,024	0,194	0,027	0,199	0,030	0,203	0,034	0,208	0,038
0,223	0,025	0,229	0,029	0,235	0,033	0,241	0,037	0,247	0,041	0,252	0,046
0,262	0,030	0,270	0,034	0,277	0,038	0,284	0,043	0,290	0,048	0,297	0,054
0,289	0,033	0,297	0,037	0,304	0,042	0,312	0,047	0,319	0,053	0,326	0,061
0,315	0,036	0,324	0,041	0,332	0,046	0,340	0,052	0,348	0,058	0,356	0,064
0,341	0,039	0,350	0,044	0,360	0,050	0,369	0,056	0,375	0,062	0,386	0,070
0,367	0,042	0,377	0,047	0,387	0,054	0,397	0,060	0,406	0,067	0,416	0,075
0,394	0,044	0,404	0,051	0,415	0,057	0,425	0,064	0,435	0,072	0,444	0,080
0,420	0,048	0,431	0,054	0,443	0,061	0,454	0,068	0,464	0,077	0,474	0,086
0,590	0,067	0,607	0,076	0,622	0,086	0,638	0,097	0,653	0,108	0,668	0,119
0,722	0,082	0,741	0,094	0,761	0,105	0,78	0,119	0,802	0,133	0,816	0,148
0,827	0,094	0,849	0,107	0,871	0,123	0,893	0,136	0,914	0,152	0,935	0,169
0,932	0,106	0,957	0,120	0,982	0,136	1,01	0,154	1,03	0,171	1,05	0,190
1,01	0,115	1,04	0,131	1,06	0,147	1,09	0,166	1,13	0,187	1,15	0,208
1,10	0,125	1,13	0,142	1,16	0,161	1,19	0,181	1,22	0,203	1,25	0,226
1,17	0,133	1,20	0,151	1,23	0,170	1,26	0,192	1,29	0,214	1,32	0,239
1,25	0,142	1,28	0,161	1,31	0,181	1,35	0,204	1,38	0,229	1,41	0,255
1,31	0,149	1,35	0,170	1,38	0,191	1,42	0,216	1,45	0,241	1,48	0,268
1,60	0,181	1,64	0,206	1,69	0,234	1,73	0,263	1,77	0,294	1,81	0,328
1,85	0,210	1,90	0,239	1,95	0,270	2,00	0,304	2,05	0,340	2,09	0,378
2,07	0,235	2,13	0,268	2,19	0,304	2,24	0,340	2,29	0,380	2,34	0,424
2,27	0,250	2,33	0,293	2,39	0,331	2,45	0,371	2,51	0,417	2,57	0,465
2,45	0,278	2,52	0,317	2,59	0,359	2,65	0,402	2,71	0,450	2,78	0,503
2,62	0,297	2,70	0,340	2,77	0,384	2,83	0,430	2,90	0,481	2,97	0,538
2,78	0,315	2,86	0,360	2,93	0,406	3,00	0,456	3,08	0,511	3,15	0,570
2,93	0,332	3,01	0,378	3,08	0,427	3,16	0,470	3,24	0,538	3,31	0,599
3,21	0,364	3,30	0,415	3,39	0,470	3,47	0,527	3,55	0,589	3,63	0,657
3,48	0,395	3,57	0,439	3,66	0,507	3,76	0,572	3,85	0,639	3,92	0,719
3,71	0,421	3,81	0,479	3,91	0,542	4,01	0,610	4,11	0,682	4,20	0,760
3,94	0,447	4,04	0,508	4,15	0,575	4,25	0,645	4,35	0,722	4,44	0,804
4,15	0,470	4,26	0,535	4,37	0,605	4,48	0,681	4,59	0,762	4,68	0,847
4,54	0,514	4,66	0,586	4,79	0,663	4,90	0,745	5,02	0,833	5,12	0,927
5,08	0,576	5,22	0,656	5,35	0,741	5,49	0,834	5,62	0,933	5,73	1,04
5,86	0,665	6,03	0,758	6,18	0,856	6,34	0,964	6,49	1,08	6,63	1,26

CHARGES PAR MÈTRE COURANT DE TUYAU	VITESSE D'ÉCOULEMENT EN MÈTRES ET											
	DIAMÈTRE 0 ^m ,50 SECTION 0 ^m 2,196		DIAMÈTRE 0 ^m ,55 SECTION 0 ^m 2,238		DIAMÈTRE 0 ^m ,60 SECTION 0 ^m 2,283		DIAMÈTRE 0 ^m ,65 SECTION 0 ^m 2,332		DIAMÈTRE 0 ^m ,70 SECTION 0 ^m 2,385		DIAMÈTRE 0 ^m ,75 SECTION 0 ^m 2,442	
	Vitesse	Débit										
0,0001	0,152	0,030	0,159	0,038	0,167	0,047	0,174	0,058	0,182	0,070	0,187	0,083
0,0002	0,212	0,042	0,223	0,053	0,234	0,066	0,243	0,081	0,254	0,098	0,262	0,116
0,0003	0,258	0,053	0,271	0,064	0,284	0,080	0,295	0,098	0,309	0,119	0,318	0,141
0,0004	0,303	0,059	0,319	0,076	0,334	0,095	0,348	0,116	0,363	0,140	0,374	0,166
0,0005	0,334	0,065	0,351	0,084	0,367	0,104	0,382	0,127	0,400	0,154	0,412	0,182
0,0006	0,364	0,071	0,383	0,091	0,400	0,113	0,417	0,136	0,436	0,168	0,449	0,198
0,0007	0,394	0,077	0,414	0,101	0,434	0,123	0,452	0,150	0,472	0,182	0,487	0,215
0,0008	0,424	0,083	0,446	0,106	0,467	0,132	0,487	0,163	0,508	0,196	0,524	0,232
0,0009	0,455	0,089	0,478	0,114	0,500	0,141	0,521	0,176	0,545	0,210	0,562	0,248
0,001	0,485	0,095	0,510	0,121	0,534	0,151	0,556	0,185	0,581	0,224	0,599	0,265
0,002	0,682	0,133	0,717	0,171	0,751	0,213	0,782	0,261	0,817	0,315	0,842	0,362
0,003	0,834	0,163	0,877	0,209	0,917	0,260	0,956	0,317	0,999	0,385	1,03	0,456
0,004	0,955	0,187	1,00	0,238	1,05	0,297	1,09	0,362	1,14	0,439	1,18	0,522
0,005	1,08	0,212	1,13	0,269	1,18	0,334	1,23	0,408	1,29	0,497	1,33	0,588
0,006	1,17	0,229	1,23	0,303	1,28	0,362	1,35	0,448	1,40	0,539	1,44	0,636
0,007	1,27	0,252	1,34	0,319	1,40	0,396	1,46	0,485	1,53	0,589	1,57	0,694
0,008	1,35	0,265	1,42	0,338	1,48	0,419	1,55	0,515	1,62	0,624	1,67	0,738
0,009	1,44	0,282	1,51	0,359	1,58	0,447	1,65	0,548	1,73	0,666	1,79	0,791
0,01	1,52	0,298	1,59	0,378	1,67	0,482	1,74	0,581	1,82	0,701	1,87	0,827
0,015	1,85	0,363	1,93	0,459	2,03	0,575	2,12	0,704	2,22	0,856	2,28	1,01
0,02	2,14	0,419	2,25	0,536	2,35	0,665	2,45	0,813	2,56	0,909	2,64	1,17
0,025	2,40	0,460	2,52	0,600	2,64	0,747	2,75	0,913	2,87	1,10	2,96	1,31
0,03	2,62	0,514	2,75	0,655	2,89	0,818	3,01	0,999	3,14	1,21	3,24	1,43
0,035	2,83	0,555	2,98	0,709	3,12	0,883	3,25	1,08	3,40	1,31	3,50	1,55
0,04	3,03	0,593	3,19	0,759	3,34	0,945	3,48	1,16	3,63	1,40	3,74	1,65
0,045	3,21	0,629	3,40	0,809	3,54	1,02	3,68	1,22	3,85	1,47	3,97	1,75
0,05	3,38	0,662	3,57	0,850	3,72	1,05	3,88	1,29	4,05	1,56	4,17	1,84
0,06	3,71	0,727	3,91	0,931	4,09	1,16	4,26	1,41	4,45	1,72	4,59	2,03
0,07	4,02	0,788	4,22	1,00	4,42	1,25	4,61	1,59	4,81	1,85	4,96	2,19
0,08	4,29	0,841	4,51	1,07	4,72	1,34	4,93	1,64	5,14	1,98	5,30	2,34
0,09	4,55	0,912	4,78	1,14	5,00	1,42	5,21	1,73	5,45	2,10	5,62	2,48
0,10	4,79	0,939	5,04	1,20	5,27	1,49	5,49	1,82	5,74	2,21	5,92	2,62
0,12	5,25	1,03	5,52	1,31	5,77	1,63	6,01	2,00	6,28	2,42	6,48	2,86
0,15	5,87	1,15	6,17	1,47	6,46	1,83	6,73	2,23	7,03	2,71	7,24	3,21
0,20	6,78	1,33	7,13	1,70	7,46	2,11	7,77	2,58	8,12	3,53	8,37	3,70

DÉBITS EN MÈTRES CUBES PAR SECONDE POUR DES TUYAUX DE

DIAMÈTRE 0 ^m ,80 SECTION 0 ^m 2,503		DIAMÈTRE 0 ^m ,85 SECTION 0 ^m 2,567		DIAMÈTRE 0 ^m ,90 SECTION 0 ^m 2,636		DIAMÈTRE 0 ^m ,95 SECTION 0 ^m 2,709		DIAMÈTRE 1 ^m ,00 SECTION 0 ^m 2,785		DIAMÈTRE 1 ^m ,20 SECTION 1 ^m 2,13		DIAMÈTRE 1 ^m ,50 SECTION 1 ^m 2,77	
Vitesse	Débit	Vitesse	Débit	Vitesse	Débit								
0,194	0,098	0,200	0,113	0,206	0,131	0,211	0,150	0,217	0,170	0,245	0,277	0,274	0,485
0,271	0,136	0,280	0,159	0,288	0,183	0,296	0,210	0,304	0,239	0,343	0,387	0,383	0,678
0,329	0,165	0,339	0,193	0,350	0,223	0,359	0,255	0,369	0,290	0,417	0,471	0,465	0,823
0,387	0,195	0,399	0,226	0,411	0,261	0,423	0,300	0,434	0,341	0,490	0,554	0,548	0,970
0,426	0,214	0,439	0,249	0,452	0,286	0,465	0,330	0,478	0,375	0,539	0,620	0,603	1,07
0,465	0,234	0,479	0,272	0,493	0,314	0,507	0,359	0,521	0,409	0,588	0,654	0,657	1,16
0,503	0,253	0,518	0,293	0,535	0,340	0,550	0,390	0,564	0,443	0,637	0,719	0,712	1,26
0,542	0,273	0,559	0,347	0,576	0,366	0,592	0,420	0,608	0,477	0,686	0,775	0,767	1,36
0,581	0,292	0,599	0,340	0,617	0,392	0,634	0,450	0,651	0,511	0,735	0,831	0,822	1,46
0,620	0,312	0,639	0,362	0,658	0,418	0,676	0,479	0,695	0,546	0,784	0,886	0,876	1,56
0,871	0,438	0,899	0,509	0,922	0,586	0,951	0,674	0,997	0,783	1,10	1,14	1,23	2,18
1,06	0,533	1,10	0,624	1,13	0,719	1,16	0,822	1,19	0,934	1,35	1,53	1,51	2,67
1,22	0,614	1,26	0,704	1,30	0,827	1,33	0,941	1,37	1,08	1,54	1,74	1,73	3,06
1,37	0,669	1,42	0,806	1,46	0,928	1,50	1,06	1,54	1,21	1,74	1,97	1,94	3,43
1,49	0,749	1,54	0,873	1,58	1,00	1,63	1,16	1,67	1,31	1,89	2,14	2,11	3,73
1,63	0,820	1,68	0,953	1,73	1,10	1,78	1,26	1,82	1,43	2,06	2,33	2,30	4,07
1,72	0,865	1,78	1,01	1,83	1,16	1,88	1,33	1,93	1,52	2,18	2,46	2,44	4,32
1,84	0,926	1,90	1,08	1,95	1,24	2,01	1,43	2,06	1,62	2,33	2,63	2,60	4,60
1,94	0,982	2,00	1,13	2,01	1,28	2,11	1,50	2,17	1,70	2,45	2,77	2,74	4,85
2,36	1,19	2,44	1,38	2,51	1,60	2,58	1,83	2,65	2,08	2,99	3,38	3,34	5,91
2,73	1,37	2,82	1,60	2,90	1,86	2,98	2,11	3,06	2,40	3,45	3,80	3,86	6,83
3,06	1,54	3,16	1,78	3,25	2,07	3,34	2,37	3,43	2,69	3,87	4,37	4,33	7,66
3,35	1,69	3,45	1,96	3,56	2,26	3,66	2,59	3,76	2,95	4,24	4,79	4,74	8,39
3,62	1,82	3,73	2,12	3,84	2,44	3,96	2,81	4,06	3,19	4,58	5,18	5,02	8,89
3,87	1,95	3,99	2,26	4,11	2,61	4,23	3,00	4,34	3,41	4,90	5,54	5,48	9,70
4,10	2,06	4,23	2,40	4,36	2,77	4,48	3,18	4,60	3,61	5,19	5,86	5,81	10,28
4,32	2,17	4,45	2,52	4,58	2,91	4,71	3,34	4,84	3,80	5,46	6,17	6,11	10,81
4,74	2,48	4,89	2,77	5,04	3,21	5,18	3,67	5,32	4,18	6,00	6,78	6,63	11,74
5,13	2,57	5,29	3,00	5,45	3,47	5,60	3,97	5,75	4,50	6,49	7,33	7,23	12,80
5,48	2,76	5,65	3,20	5,82	3,70	5,99	4,25	6,14	4,81	6,93	7,83	7,75	13,72
5,81	2,92	5,99	3,40	6,17	3,92	6,34	4,50	6,51	5,11	7,35	8,31	8,22	14,55
6,12	3,08	6,31	3,58	6,50	4,13	6,68	4,73	6,86	5,59	7,74	8,75	8,66	15,33
6,70	3,37	6,91	3,92	7,11	4,52	7,31	5,18	7,51	5,90	8,48	9,58	9,48	16,78
7,48	3,76	7,73	4,38	7,96	5,06	8,19	5,61	8,40	6,60	9,48	10,71	10,60	18,76
8,65	4,35	8,93	5,06	9,19	5,84	9,45	6,70	9,70	7,61	10,95	12,37	12,24	21,66

**Table IV. — Relations entre les volumes d'eau à écouler
suivant l'unité de temps**

VOLUMES D'EAU A ÉCOULER, EXPRIMÉS EN MÈTRES CUBES				
PAR SECONDE	PAR MINUTE	PAR HEURE	PAR JOUR	PAR AN
mc.	mc.	mc.	mc.	mc.
0,00002	0,0012	0,072	1,728	631
0,00004	0,0024	0,144	3,456	1 261
0,00006	0,0036	0,216	5,184	1 892
0,00008	0,0048	0,288	6,912	2 523
0,0001	0,0060	0,360	8,640	3 154
0,0002	0,012	0,720	17,28	6 307
0,0003	0,018	1,08	25,92	9 461
0,0004	0,024	1,44	34,56	12 614
0,0005	0,030	1,80	43,20	15 768
0,0006	0,036	2,16	51,84	18 922
0,0007	0,042	2,52	60,48	22 075
0,0008	0,048	2,88	69,12	25 229
0,0009	0,054	3,24	77,16	28 382
0,001	0,060	3,60	86,40	31 536
0,002	0,120	7,20	173	63 072
0,003	0,180	10,80	259	94 608
0,004	0,240	14,40	346	126 144
0,005	0,300	18,00	432	157 680
0,006	0,360	21,60	518	189 216
0,007	0,420	25,20	605	220 752
0,008	0,480	28,80	691	252 288
0,009	0,540	32,40	778	283 824
0,010	0,600	36	864	315 360
0,020	1,2	72	1 728	630 720
0,030	1,8	108	2 592	946 980
0,040	2,4	144	3 456	126 1440
0,050	3,0	180	4 320	157 6800
0,060	3,6	216	5 184	189 2160
0,070	4,2	252	6 048	2 207 520
0,080	4,8	288	6 912	2 522 880
0,090	5,4	324	7 776	2 838 840
0,100	6	360	8 640	3 153 600
0,200	12	720	17 280	6 307 200
0,300	18	1 080	25 920	9 460 800
0,400	24	1 440	34 560	12 614 400
0,500	30	1 800	43 200	15 768 000
0,600	36	2 160	51 840	18 921 600
0,700	42	2 520	60 480	22 075 200
0,800	48	2 880	69 120	25 228 800
0,900	54	3 240	77 760	28 382 400
1,000	60	3 600	86 400	31 536 000



TABLE DES MATIÈRES

Pages.

CHAPITRE XIII

MOTEURS POUR APPAREILS ÉLÉVATOIRES

A. — Observations générales sur les moteurs pour pompes et appareils élévatoires : 1° Moteurs animés ; 2° Moteurs aériens, moulins à vent ; 3° Moteurs hydrauliques, servomoteur pour machines hydrauliques ; 4° Machines à vapeur ; du double système de machines ; dépenses d'établissement et d'exploitation des machines à vapeur, machines d'un cheval effectif ; machines de 5 à 10 chevaux effectifs, locomobiles ou demi-fixes ; machines de 50 chevaux effectifs ; machines de 100 et 500 chevaux effectifs ; 5° Machines diverses : moteurs électriques, moteurs à gaz, moteurs à pétrole, petits moteurs à pétrole, moteurs au gaz pauvre. — Du contrôle et de la marche des machines. — B. Pompes ordinaires : petites installations de machines élévatoires. — Prix d'une installation pour alimentation de station, machines à vapeur de 3 chevaux de force. — Petites machines élévatoires sur puits, avec cuves-réservoirs. — Exemples divers de petites installations : installation avec manège. — Pompe sur puits avec machine à vapeur pour bourg de 800 habitants. — Installations avec turbines. — Utilisation de roues hydrauliques. — C. Exemples d'alimentation par machines élévatoires hydrauliques : 1° Eaux de Marly et de Versailles ; 2° Alimentation du fort Saint-Michel, à Toul (turbines) ; 3° Élévation par turbines et pompes, ville de Narbonne ; 4° Élévation par turbine et pompe à Maquens (petit débit) ; 5° Distribution d'eau de la ville d'Albi (turbines). — D. Exemples d'élévation par machines à vapeur : 1° Eaux de Lyon ; 2° Eaux de Nîmes ; 3° Eaux d'Orléans ; 4° Distribution d'eau de la ville de Pithiviers ; 5° Usines élévatoires de la ville de Paris ; 6° Distribution d'eau de Lille ; difficulté d'alimentation des villes industrielles du département du Nord

1

CHAPITRE XIV

ÉTUDE PRÉLIMINAIRE D'UNE DISTRIBUTION D'EAU

Étude préliminaire d'une distribution d'eau. — Valeur de la consommation : Calcul du volume nécessaire. — Consommation moyenne par tête. — Variations mensuelles de la consommation. — Variations diurnes ; variation à Berlin ; variation de la

consommation journalière dans diverses villes allemandes (1890). — Variations horaires ; exemples divers. — Pression à admettre dans le réseau ; division par zones. — Recherche des eaux disponibles. — Solutions diverses : 1° les eaux superficielles ; 2° les sources ; 3° les eaux souterraines 57

CHAPITRE XV

EXEMPLES DE DÉRIVATIONS

Considérations générales sur les aqueducs et conduites de dérivation. — Du choix à faire entre la conduite libre et la conduite forcée. — Aqueducs en maçonnerie : anciens aqueducs en maçonnerie : eaux de Rome ; distribution d'eau d'Avallon ; distribution d'eau de Dijon ; distribution d'eau de Marseillè ; distribution d'eau de Saint-Etienne ; eaux de New-York ; distribution d'eau de Washington ; Eaux de Paris : situation du Service des Eaux en 1867, situation du Service des Eaux en 1890, travaux en cours ; captation et adduction d'une nappe souterraine à Coulanges-la-Vineuse ; eaux de Coulommiers ; Eaux de Dieppe, travaux exécutés pour couvrir les sources qui prennent naissance dans le bassin du Vivier ; dérivation de sources pour Francfort-sur-le-Mein ; dérivation d'une source pour alimentation d'une gare ; adduction d'eau de Ferrare ; alimentation d'eau du château de la Roche-Guyon ; eaux de Naples 70

CHAPITRE XVI

TUYAUX ET CONDUITES

Tuyaux et conduites. — 1° Tuyaux en bois ; 2° Tuyaux en poterie et terre cuite. — 3° Tuyaux en mortier ou en béton de ciment. — Conclusion sur les conduites en ciment. — Expériences comparatives sur les tuyaux en terre cuite, grès, ciment. — Application du béton maigre de ciment au captage des eaux souterraines. — 4° Tuyaux en fonte : 1° assemblage à emboîtement ; 2° assemblage à brides ; 3° assemblage à bagues ; tuyaux à joints forcés ; joint sphérique ou à rotule ; joints au caoutchouc ; prix et poids des tuyaux en fonte ; résistance des tuyaux ; machine à essayer les tuyaux. — 5° Tuyaux en tôle de fer ou d'acier. — 6° Tuyaux en sidérociment et ciment armé. — 7° Tuyaux en plomb ; action de l'eau sur les conduites en plomb ; exemples de destruction de tuyaux en plomb. — Tuyaux en cuir ou en caoutchouc 144

CHAPITRE XVII

DISTRIBUTION PUBLIQUE ET PRIVÉE. — APPAREILS DE DISTRIBUTION, ENTRETIEN, EXPLOITATION

Robinet et vannes : appareils de distribution. — Danger des robinets à action instantanée. — Robinet à clef renversée. — Robinet-vanne. — Robinet à clapet en caoutchouc. — Clapet pour robinet de décharge. — Ventouses. — Enlèvement de l'air par procédés mécaniques. — Robinets de prise ou de puisage. — Robinet intermittent automatique. — Robinet de puisage servo-moteur à repoussoir. — Réservoirs d'air dans les habitations. — Exécution d'un branchement de prise d'eau. — Appareils de distribution publique : 1° bornes-fontaines ; 2° bouches sous trottoirs ; 3° poteaux d'arrosement ; 4° jets d'eau et fontaines monumentales. — Distribution privée ; service constant et service intermittent. — Le service constant appelle le

compteur. — Observations sur l'entretien d'un réseau de distribution : 1° pertes dans les distributions d'eau ; compteur des pertes employé à Liverpool ; manomètres ; 2° incrustations et tubercules dans les conduites ; dépôts calcaires ; dépôts ferrugineux ; dépôts vivants ; 3° cantonnements d'air ; expulsion de l'air confiné. — Entretien d'un réseau de conduites ; prix de l'entretien au mètre courant 175

CHAPITRE XVIII

RÉSERVOIRS

Calcul de la capacité à donner à un réservoir. — Profondeur d'eau à admettre. — Bondes et robinets à ménager, indicateurs de niveau. — De la position des réservoirs. — Réservoirs de diverses espèces : 1° réservoirs en terre à ciel ouvert ; 2° réservoirs en maçonnerie ; réservoir de Lyon ; réservoir d'Orléans ; réservoirs de Passy en remblai ; réservoir de Grenelle à ciel ouvert ; réservoir de Villejuif ; réservoirs en maçonnerie de Saint-Etienne ; réservoir en maçonnerie de Francfort-sur-le-Mein ; réservoir en maçonnerie de Montmartre ; réservoir de Dunkerque ; fissures des réservoirs en maçonnerie ; 3° réservoirs métalliques ; cuves-réservoirs en fonte de Tourcoing ; réservoir métallique de la ville de Bordeaux ; cuves cylindriques à fond sphérique ; détails des cuves en tôle à fond sphérique ; calcul de la résistance des cuves en tôle à fond sphérique ; calcul d'une cuve à fond conique ; réservoir en tôle à fond conique de Montmartre ; réservoirs métalliques formés d'un long cylindre vertical ; variations de la température de l'eau dans les réservoirs en tôle. — Réservoirs-cuves en ciment armé. — Canaux et tunnels servant de réservoirs. — Petits réservoirs à air comprimé, système Carré ; réservoirs élévateurs. — Accessoires divers des réservoirs : déversoir de trop-plein pour réservoir à ciel ouvert. — Bâche d'équilibre pour deux réservoirs communicants, mais de niveau différent. — Alimentation par refoulement de deux réservoirs à niveau différent. — Appareils avertisseurs, indicateurs ou enregistreurs de niveau. — Téléphones..... 215

CHAPITRE XIX

ÉTAT ACTUEL DES DISTRIBUTIONS D'EAU EN FRANCE. — STATISTIQUE

État actuel des distributions d'eau en France : statistique, provenance des eaux, développement des distributions ; concession ou exploitation directe, produit financier des distributions d'eau, influence du service public sur ce produit ; prix de vente de l'eau, combinaisons diverses d'abonnement. — Tableau statistique des distributions d'eau de France. — *Aisne* : Ferney-Voltaire, Belley, Bellegarde-sur-Valserine, Oyonnax, Ceyzériat, Bourg. — *Aisne* : Laon, Saint-Quentin, Chauny, Soissons, Coucy-le-Château, Villers-Cotterets, Villers-Hélon. — *Allier* : Moulins, Gannat, Yzeure. — *Alpes (Basses-)* : Barcelonnette, Oraison. — *Ardèche* : Privas, Chomérac, Bourg-Saint-Andéol, Villeneuve-de-Berg, Meyssé, Marcols, Tournon, Annonay, Aubenas, autres communes du département. — *Ardennes* : Charleville, Réthel, Sedan, Mézières, Mouzon, Revin, Rimogne, Carignan, Maubert. — *Ariège* : Foix, Saint-Gérons, Pamiers, alimentation de diverses communes, Mirepoix, Rieucros, Pujols, Montgaillard, Saint-Paul-de-Jarrat, Lavelanet, Bélesta, Mercus, Tarascon, Les Cabanes, Lassus, Ax-les-Thermes, Sentein, Bonnac, Maz-d'Azil, Castet-d'Aleu, Cazavet, Lacour, Saverdun, Mazères, Montaut, Saint-Lizier. — *Aube* : Troyes, Nogent-sur-Seine, Bar-sur-Seine, alimentation de diverses communes du pays d'Othe ; sources entourant la forêt d'Othe ; Bar-sur-Aube, Couvignon, Colombé-le-Sec, Lignol. — *Bouches-du-Rhône* : Marseille, Allauch, la Ciotat, Martigues. — *Calvados* : Caen, Honfleur, Lisieux, Trouville, Deauville, Pont-l'Evêque, Crèvecœur, Livarot, Vire, Falaise, Bayeux, Port-en-Bessin, Saint-Pierre-sur-Dives. — *Cantal* : Aurillac, Saint-Flour, Murat, Mauriac, Salers, Saignes, Marcenat, Condat, Vic-sur-Cère, Laroque-

brou, Montsalvy, Saint-Cernin, etc. — *Charente* : Angoulême, Jarnac, Ruffec; La Rochefoucauld. — *Charente-Inférieure* : La Rochelle, Saintes, Rochefort, Saint-Jean-d'Angély, Montendre, Royan. — *Cher* : Bourges, Vierzon. — *Corrèze* : Tulle, Brive, Ussel, Argentat. — *Côtes-du-Nord* : Saint-Brieuc, Dinan, Quintin, Paimpol, Portrieux-Saint-Quay. — *Dordogne* : Périgueux, Thiviers, Brantôme, Nontron. — *Doubs* : Besançon, Montbéliard, Etapes. — *Drôme* : Valence, Chabeuil, Tain, Bourg-de-Péage, Bourg-lès-Valence, Romans, Die, Puy-Saint-Martin, Crest, Saillans, Montélimar, Le Buis les Baronnies, Dieulefit, Nyons. — *Eure* : Evreux, Louviers, Bernay, Vernon, Gaillon, Conches, Saint-André-de-l'Euire, Compagnie des Eaux du Vexin desservant les Andelys, Gisors, et environ cinquante communes rurales. — *Eure-et-Loir* : Chartres, Dreux, Châteaudun, Nogent-le-Rotrou, La Loupe, Brou, Châteauneuf-sur-Loire, Janville. — *Finistère* : Quimper, Brest, Châteaulin, Quimperlé, Morlaix, Landivisiau, Roscoff, Huelgoat, Landerneau, Audierne, Douarnenez, Concarneau, Ile Tudy. — *Gard* : Nîmes, Alais, Le Vigan, Brouzet, Saint-Victor-la-Coste, Bagnols-sur-Cèze, Sainte-Anastasie, Remoulins, Castillon, Montfrim. — *Garonne (Haute)* : Bagnères-de-Luchon, Saint-Gaudens, Montréjeau. — *Gironde* : Bordeaux, Libourne, Bazas, Castillon. — *Hérault* : Agde, Béziers, Lodève, Cette, Saint-André-de-Sangonis, Gignac, Aniane, Assas, Balaruc-les-Bains, Balaruc-le-Vieux, Saint-Bauzille-de-la-Sylve, La Boissière, Cazillac, Ganges, Saint-Georges-d'Orques, Saint-Jean-de-Fôs, Saint-Mathieu-de-Trévières, Saint-Saturnin, Puéchabon, Mèze. — *Ille-et-Vilaine* : Rennes, Saint-Malo, Redon, Dôle, Fougères, Antrain. — *Isère* : Grenoble, Bourgoin, Vienne, Voiron, Rives, Bourg-d'Oisans, Domène, Saint-Jean-de-Bournay, Les Avenières, Morestel, Mens, Vif, Varcès. — *Landes* : Mont-de-Marsan, Dax, Roquefort. — *Loire* : Saint-Etienne, Montbrison, Saint-Galmier, Saint-Just-sur-Loire, Saint-Marcellin, Rochetaillée, Planfoy, Lorette, Boën-sur-Lignon, Chazelles-sur-Lyon. — *Loire (Haute)* : Le Puy, Saint-Paulien, Vorey, Issingaux, Montfaucon, Retournac, Brioude, Paulhaguet. — *Loir-et-Cher* : Blois, Mondoubleau, Orchaix. — *Lot-et-Garonne* : Agen, Nérac, Villeneuve-sur-Lot, Marmande, Castelmoron. — *Lozère*. — *Maine-et-Loire* : Angers, Cholet, Saumur. — *Marne* : Châlons-sur-Marne, Epernay, Dormans, Reims, Ay, Fismes, Jouy, Nogent-l'Abbesse, Prouilly, Vienne-le-Château, Vitry-le-François, Sermaize, Rosay, Vanoult-les-Dames. — *Marne (Haute)* : Chaumont, Langres, Wassy, Saint-Dizier, Joinville, Bologne, Châteauvillain. — *Mayenne* : Laval, Château-Gontier, Mayenne, Pré-en-Pail. — *Meurthe-et-Moselle* : Nancy, Pont-à-Mousson, Lunéville, Momeney, Thiaucourt, Varangéville, Halloville. — *Meuse* : Bar-le-Duc, Verdun, Commercy, Ligny-en-Barrois, communes des environs de Gondrecourt, Stenay, Vaucouleurs, Creuß. — *Nièvre* : Nevers, Decize, La Machine, Château-Chinon. — *Oise* : Beauvais, Compiègne, Senlis, Chantilly, Creil, autres communes du département. — *Orne* : Alençon, Mortagne, Moulins la Marche, Vimoutiers, Domfront, La Ferté-Macé, Flers-Tinchebray. — *Puy-de-Dôme* : Clermont-Ferrand, Royat, Mont-Dore, La Bourboule, Issoire, Saint-Germain-Lamborn, Champeix, La Tour d'Auvergne, Riom, Aigueperse, Thiers, Arlanc, Châteldon. — *Pyrénées (Basses)* : Pau, communes diverses de l'arrondissement de Pau, Oloron, Eau-Bonnes, Orthez, Navarrenx, Bayonne, Biarritz. — *Pyrénées (Hautes)* : Tarbes, Bagnères-de-Bigorre, Cauterets, Lourdes, Saint-Pé, Saint-Savin, Argelès, communes diverses. — *Rhône* : Lyon, Villefranche-sur-Saône, Amplepuis, Thizy. — *Rhin (Haut)* : Belfort, Giromagny. — *Saône (Haute)* : Vesoul, Gray, Lure. — *Saône-et-Loire* : Châlon-sur-Saône, Autun, Charolles, Bourbon-Lancy, Le Creusot. — *Savoie* : Chambéry, Aix-les-Bains, Saint-Jean-de-Maurienne, Albertville, Moutiers, Bourg-Saint-Maurice. — *Savoie (Haute)* : Annecy, Bonneville, Thônes, Sallanches, Compagnie des Eaux-Belles. — *Seine* : Paris, communes suburbaines alimentées par la Compagnie générale des Eaux, communes suburbaines alimentées par la Compagnie des Eaux de la banlieue, égouts du département de la Seine. — *Seine-et-Marne* : Melun, Fontainebleau, Provins, Nangis, Brie-Comte-Robert, Dammarie-les-Lys, Mormant. — *Seine-et-Oise* : Versailles, communes alimentées par la Compagnie générale des Eaux, communes alimentées par la Compagnie des Eaux de la Banlieue, Corbeil, Etampes, Monthléry, Orsay, Villeneuve-Saint-Georges, Arpajon, Saint-Germain-en-Laye, Compagnie des Eaux du Vésinet, Poissy, Neauphle-le-Château, Asnières-sur-Oise, Aavernes, Baillet, Belloy-Isle-Adam, Pamain, Limay, Louvres, Magny, Maisons-Laffite, Mareil, Marines, Marly-la-Ville, Mesnil-Aubry, Meulan, Pontoise, Puisseux, Saint-Ouen-l'Aumône, Vémars, Vetheuil, Viarmes. — *Seine-Inférieure* : Rouen, Le

Havre, Yvetot, Étretat, Fécamp, Saint-Valéry-en-Caux, Harfleur, Montivilliers, Gravelle, Sanvic, Sotteville, Petit-Quevilly, Saint-Étienne-du-Rouvray, Elbeuf et Caudebec-les-Elbeuf, Lillebonne, Caudebec-en-Caux, Fauville, Bolbec, Buchy, Londinières, Neufchâtel, Eu, Le Tréport, Mers. — *Sèvres (Deux-)*: Niort, Parthenay, Saint-Maixent. — *Somme*: Amiens, Montdidier, Albert, Villers-Bretonneux, Saint-Valéry-sur-Somme. — *Vendée*: Sables-d'Olonne, Fontenay-le-Comte. — *Vienne*: Poitiers, Châtellerauld, Montmorillon, Lussac-les-Châteaux, Couché. — *Vienne (Haute-)*: Limoges, Magnac-Laval, Rochechouart, Saint-Junien, Saint-Mathieu, Saint-Yrieix, Saint-Léonard, Aixe, Bellac, Le Dorat. — *Vosges*: Fontaines publiques et privées, Epinal, Remiremont, Neufchâteau, Rambervillers, Saint-Dié, Darnay, Bains. — *Yonne*: Vézelay, Vermenton, Saint-Bris, Courson, Briennon, Mailly-le-Château, Courgis

264

CHAPITRE XX

ÉGOUTS. — ASSAINISSEMENT MUNICIPAL

Rôle des égouts. — Appréciation des quantités d'eau à évacuer. — Calcul, dimensions et pente des égouts. — De la vitesse d'écoulement à admettre. — Diamètre des égouts circulaires avec écoulement à pleine section. — Forme et calcul des égouts à écoulement libre. — Du choix à faire entre la section circulaire et la section ovoïde. — Conditions de construction et matériaux des égouts maçonnés. — Égouts en béton de ciment. — Tuyaux en grès vernissé. — Procédés pour arrêter les exhalaisons des égouts et des conduites d'eaux-vannes ou ménagères. — Entraînement des matières et nettoyage par les chasses. — Réservoir de chasse à tirage. — Water-closets; vidange; quantité de déjections par habitant; procédés de vidange. — Installation du tout à l'égout dans une maison. — Curage des égouts et des siphons de Paris, wagons et bateaux-vannes, siphons de l'Alma, de l'île Saint-Louis, de l'île de la Cité. — Système général des égouts de Paris. — Égouts des communes suburbaines de Paris. — Observations sur les égouts de diverses villes: Besançon, Francfort-sur-le-Mein, Varsovie, Berlin, Reims. — Égouts du système séparé; dispositions diverses; système Waring, chasses automatiques; système Shone, air comprimé; système Berlier, air raréfié; conclusion sur les systèmes séparés. — Épuration des eaux d'égout; épuration chimique, chaux, sulfate d'alumine; sulfate ferrique, épuration à Londres; procédé Howatson; épuration électrique. — Épuration agricole; application à Paris: infection de la Seine; mécanisme et importance de l'épuration par le sol; influence des irrigations à l'eau d'égout sur la nappe souterraine; craintes au sujet de la conservation des microbes; résultats économiques et agricoles; exécution du programme établi par les lois de 1889 et de 1894, loi du 4 avril 1889; loi du 1^{er} juillet 1894 pour le tout à l'égout dans la ville de Paris; règlements du 8 août 1894 et de mai 1896; appareils à air comprimé pour remplacer l'eau de source par l'eau de rivière. — Enlèvement et destruction des ordures ménagères; organisation du service dans les villes anglaises; incinération des ordures

473

APPENDICE

Résumé de la législation et de la jurisprudence sur les distributions d'eau; communes agissant comme simples particuliers, communes agissant avec une déclaration d'utilité publique; l'établissement d'aqueducs et de conduites est une expropriation et non une occupation temporaire. — Des sources: dérivation de sources avec déclaration d'utilité publique. — Prises d'eau dans les rivières navigables ou flottables et dans les canaux. — Prises d'eau dans les rivières non navigables ni flottables. — Les eaux de Paris font partie de la grande voirie. — Caractère des entreprises de distributions d'eau, société civile et non commerciale, patente, enre-

gistrement, impôt foncier, polices d'abonnement. — Pose des tuyaux sous la voie publique. — Police. — Types de règlements pour concessions d'eau : Châlons, Saint-Étienne, Grenoble, Paris. — Tuyaux en fonte à cordon et emboîtement, C. E., type de la Ville de Paris ; tableau des poids, devis et cahier des charges de la fourniture des tuyaux en fonte. — Devis et bordereau des prix des travaux de fontainerie, type de la Ville de Paris	538
Table I. Vitesses en fonction des hauteurs de chute. — Table II. Donnant diverses racines ou puissances du rayon des tuyaux avec la valeur du coefficient b de Darcy pour tuyaux depuis longtemps en service. — Table III. Débits, sections, vitesses et charges correspondantes dans les tuyaux de divers diamètres ; table calculée par l'auteur à l'aide des expériences de Darcy. — Table IV. Relations entre les volumes d'eau à écouler suivant l'unité de temps	583

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-357220

L.

Druk. U. J. Zam. 356. 10.000.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300284