

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299664

F. Nr. 279/64



49.48.

35

x  
805





118181

## Liste des Membres de la Commission d'études

---

- MM. GUILLEMAIN, Inspecteur général, Directeur de l'Ecole nationale des ponts et chaussées, *Président*.
- CHAPER, Ingénieur civil des mines.
- COUSIN, Ingénieur des ponts et chaussées de Belgique, Professeur à l'Université de Louvain.
- V. DAYMARD, ancien Ingénieur de la marine, Ingénieur en chef de la Compagnie générale Transatlantique.
- DESCUBES DU CHATENET, Ingénieur civil des mines.
- GERMAIN, Ingénieur hydrographe de la marine.
- HOLTZ, Ingénieur en chef, Professeur à l'Ecole nationale des ponts et chaussées.
- LAGOUT, Ingénieur des ponts et chaussées.
- NIVOIT, Ingénieur en chef des mines, Professeur à l'École nationale des ponts et chaussées, *secrétaire*.
- RENOUST DES ORGERIES <sup>1</sup>, Inspecteur général des ponts et chaussées en retraite.
- VAN ZUYLEN, colonel-ingénieur, ancien chef de l'arme du Génie de l'armée néerlandaise des Indes-Orientales.

1. M. des Orgeries, atteint au mois de février dernier par une grave maladie dont il n'est pas encore remis, n'a pu prendre part, à son grand regret, aux derniers travaux de la Commission.

Akc. Nr. 1500/52

G. 48  
34



Paris, le 5 mai 1890.

A Monsieur Achille Monchicourt, liquidateur de la  
Compagnie universelle du Canal Interocéanique de  
Panama.

MONSIEUR LE LIQUIDATEUR,

La Commission instituée par votre prédécesseur, M. Joseph Brunet, pour l'éclairer sur la situation du Canal Interocéanique de Panama, a terminé ses travaux et vous trouverez ci-joint un rapport d'ensemble dans lequel sont groupés les faits principaux qui se dégagent de cette étude.

A ce rapport d'ensemble doivent être joints sept rapports spéciaux qui traitent avec détails chacun des éléments de la question, sous les titres qui suivent :

*Rapport technique sur le Canal à écluses.*

*Établissement des prix d'application.*

*Ports de Colon et de Panama. Débouquements.*

*Étude du trafic. Recettes et dépenses.*

*Description géologique des terrains traversés par le Canal.*

*Note sur l'achèvement du Canal à niveau.*

*Examen de divers projets présentés à la Commission.*

Il aurait été certainement préférable que ces documents fussent portés, à la fois et d'une manière complète, à la connaissance du public; mais la préparation de cartes et de dessins retardera forcément la publication des rapports spéciaux et, en face des impatiences, fort légitimes d'ailleurs, qui se

sont manifestées, la Commission a cru entrer dans vos intentions en ne différant pas la remise du rapport d'ensemble.

Au moment où vous allez avoir à tirer tel parti que de raison des données contenues dans ces pièces, la Commission tient à vous faire connaître les éléments d'information dont elle s'est entourée.

Réunie vers le milieu du mois d'octobre 1889, elle a, tout en prenant connaissance des documents remis par la Liquidation, recueilli les dépositions d'un grand nombre de personnes qui avaient coopéré aux travaux, soit comme Ingénieurs, soit comme Entrepreneurs ou agents d'exécution, soit même comme conseils. Elle a, en outre, entendu les promoteurs de l'œuvre ainsi que les auteurs de projets pour l'achèvement du Canal.

Ces premiers renseignements mis en ordre, elle a confié à une délégation choisie dans son sein le soin de les vérifier et de les compléter sur les lieux mêmes, pendant que les membres restés à Paris poursuivraient leurs études techniques et statistiques, tout en continuant à entendre ceux qui leur offraient leur concours. Cette délégation était composée de MM. Germain, président; Chaper, Cousin, du Chatenet et Lagout, secrétaire.

Partie le 9 décembre 1889, la Délégation est rentrée à Paris le 4 mars 1890, après avoir passé six semaines dans l'Isthme. Elle a visité attentivement les chantiers, vérifié par épreuves l'état du matériel, dont plusieurs machines ont fonctionné en sa présence; elle a examiné les ateliers, logements et autres établissements fixes; elle a même fait lever sous ses yeux un certain nombre de profils, à titre de vérification.

La constitution géologique du sol, la recherche des matériaux de construction, les prix à appliquer à chaque nature d'ouvrage, les débouquements dans l'Atlantique et dans le

Pacifique, le régime du Rio Chagres et des autres cours d'eau ont été, de la part de la Délégation, l'objet d'investigations aussi pénibles que consciencieuses et elle a rapporté des documents du plus haut intérêt.

C'est sur ces données que la Commission a pu indiquer les lignes générales du projet qui, à son avis, répondrait le mieux aux exigences d'une situation que le temps écoulé et les précédents rendent critique. Elle en a même évalué le prix, mais elle croit devoir ajouter que la nouvelle Société qui se formera, devra, si elle adopte les mêmes lignes générales, compléter les études techniques qui sont loin d'offrir la précision nécessaire à un projet définitif.

Ce premier point résolu, la Commission a abordé le second côté de la question, les revenus probables du Canal. Elle a fait appel à tous les documents statistiques publiés par le commerce, elle s'est éclairée de l'avis des hommes les plus compétents et elle est arrivée à des résultats qu'elle énonce, non comme certains, mais comme vraisemblables autant que le permet une matière aussi hypothétique.

Les appréciations de la Commission sont loin d'être concordantes avec l'avenir primitivement rêvé; elles sont même de nature à jeter un certain découragement chez ceux qui, sur la foi de promesses vagues, avaient espéré, avec un sacrifice momentané, rendre sa valeur à peu près entière à leur capital déprécié. La Commission le reconnaît, mais elle a été chargée de vous renseigner sur ce qu'elle estime être la vérité, et elle ne saurait hésiter à remplir ce devoir.

Veillez agréer, monsieur le Liquidateur, l'expression de ma considération la plus distinguée,

*Le Président de la Commission,*

GUILLEMAIN.



RAPPORT GÉNÉRAL

CANAL INTEROCÉANIQUE  
DE PANAMA

---

Commission d'étude instituée par le Liquidateur  
de la Compagnie universelle

---

I

RAPPORT GÉNÉRAL



# RAPPORT GÉNÉRAL

---

Au moment où a été résolu l'établissement d'un Canal maritime entre l'Atlantique et le Pacifique, on était sous l'impression de l'éclatant succès que venait de remporter le Canal de Suez.

Devant l'enthousiasme général, les difficultés d'exécution disparaissaient, les espérances se transformaient en certitudes, et la foi était si profonde qu'on écartait sans hésitation les réserves et les doutes qui avaient accompagné les délibérations du Congrès international de 1879, pour ne voir que les côtés favorables de cette vaste entreprise. Une période d'exécution de 12 ans, une dépense d'un milliard et même, suivant quelques-uns, de 5 à 600 millions devaient suffire à assurer l'avenir le plus brillant à cette immense opération dont le monde entier était appelé à profiter.

Le temps a marché; trois années à peine nous

séparent du terme où les grands navires devraient pouvoir transiter à travers l'Isthme de Panama; on a dépensé un capital supérieur à celui qui avait été annoncé comme suffisant pour l'œuvre complète; et, non seulement, elle n'est pas terminée, mais on se trouve à bout de ressources et en face d'une impossibilité absolue de la compléter dans les premiers délais impartis par la Convention du 20 mars 1878 avec le Gouvernement Colombien.

Dans cette situation critique, une nouvelle étude s'impose et la Commission nommée à cet effet va rendre compte sommairement ici du résultat de ses recherches. Des rapports spéciaux, annexés au présent rapport, en justifieront les assertions, dans la mesure où il a été possible de réunir les éléments d'une aussi gigantesque entreprise.

i

La question du Canal Interocéanique présente aujourd'hui des côtés bien distincts.

Au point de vue humanitaire, s'il est permis d'employer ce mot, on ne peut que souhaiter ardemment de voir l'œuvre se poursuivre, quelles que soient les vicissitudes éprouvées et celles que l'avenir lui réserve peut-être encore. Ce trait d'union entre les deux grands Océans ouvrira certainement un champ aussi vaste que nouveau à l'activité commerciale du monde et donnera, dans un avenir plus ou moins lointain, de grands et

féconds résultats. C'est là une impression universelle et la France la ressent encore plus vivement peut-être que les autres nations, en raison de la part prépondérante que les circonstances l'ont amenée, jusqu'ici, à prendre dans cette œuvre d'un intérêt international.

Au point de vue industriel, la situation n'est pas la même. On peut aujourd'hui se demander, en tenant compte d'une expérience chèrement acquise et des données recueillies depuis 1879, ce que le Canal doit coûter en réalité, ainsi que ce qu'il est susceptible de rapporter dans un avenir qui ne soit pas trop reculé. De cette manière seulement, on pourra apprécier l'intérêt industriel qui se rattache à cette création, non pour les générations futures, mais pour celle qui y place ses capitaux.

Enfin, à un point de vue plus restreint encore, mais qui est celui dont le liquidateur a principalement charge, on doit se rendre compte de la mesure dans laquelle les premiers souscripteurs peuvent espérer voir rémunérer le capital qu'ils ont versé et qui, actuellement, est menacé de demeurer improductif.

Ce sont ces deux derniers points que la Commission s'est efforcée de traiter à l'aide des documents qui lui ont été fournis et de ceux qu'elle a pu recueillir elle-même.

Le problème doit se résoudre par l'étude des deux questions suivantes :

Que devra coûter l'achèvement du Canal de Panama?

Que pourra rapporter le Canal lorsqu'il sera terminé, soit immédiatement après son ouverture, soit dans un délai déterminé?

Avant d'aborder la discussion de ces deux questions, il convient de jeter un coup d'œil sur le milieu dans lequel ce travail est appelé à s'accomplir. Ce milieu, en effet, ne ressemble en rien à celui dans lequel nous avons vu s'exécuter, de nos jours, tant de grands travaux publics, et ce serait s'exposer aux plus graves mécomptes que de juger ce qui doit se passer là avec les données que fournit l'expérience en Europe.

## II

Sous le climat chaud, humide, énervant de l'Isthme, au milieu des effluves d'un sol argileux et plein de marécages, dans une contrée à peine habitée, couverte par une végétation tropicale que rien n'arrête, la race blanche ne peut pas, d'une façon continue au moins, accomplir un travail physique de quelque intensité. A la condition d'aller, de temps en temps, respirer un air plus salubre et retremper ses forces, l'Européen peut surveiller, conduire une machine, travailler même quand il est à l'abri du soleil et de la pluie ; mais, pour fouiller la terre, la charger et la transporter à l'aide de ses bras comme il le fait dans nos climats, il doit y renoncer sous peine de voir promptement s'anéantir ses forces et sa santé.

La race autochtone, indienne ou métisse, est très peu nombreuse, et, à part quelques ouvriers spéciaux, elle ne peut fournir qu'un appoint insignifiant aux besoins

de chantiers de l'importance de ceux qui nous occupent.

Restent l'immigration chinoise et les noirs des Antilles, qui constituent la véritable ressource comme main-d'œuvre. Les renseignements recueillis permettent de croire qu'elle ne fera pas défaut ; avec l'aide des machines et un recrutement prudent, on pourra, selon toute vraisemblance, donner aux chantiers l'impulsion désirable.

L'année, dans l'Isthme, se partage en deux saisons : la saison sèche, ou verano, qui va du milieu de décembre au milieu de mai, et la saison humide qui dure pendant les sept autres mois. La quantité de pluie qui tombe annuellement représente 3 mètres de hauteur, soit de 5 à 6 fois celle qui est observée dans le bassin de la Seine. L'effet de ces énormes pluies sur un sol généralement imperméable est d'imprimer aux cours d'eau des allures torrentielles aussi subites que redoutables. Le plus important de ces cours d'eau, le Rio Chagres, dont le Canal occupe la vallée sur plus de la moitié de sa longueur, grossit parfois de 10 à 12 mètres en 36 heures et roule alors des quantités d'eau inconnues, mais qui, au moment du maximum, ne sont pas inférieures à 1.500 mètres cubes par seconde, et atteignent peut-être le double. On en est, sous ce rapport, encore réduit aux conjectures et l'on conçoit quelles difficultés doit présenter la lutte avec un semblable fleuve, si l'on veut le tenir à l'écart et s'en rendre maître.

Vient ensuite, comme obstacle entre les deux Océans, la Cordillère, qu'il faut nécessairement trancher pour ouvrir le passage aux navires. La hauteur du col au-dessus du niveau de la mer est d'environ 100 mètres

et, quelle que soit la solution adoptée, il restera toujours une immense coupure à opérer dans cette montagne sur 8 kilomètres de longueur. Ce sera l'œuvre la plus longue de toutes et, par suite, celle qui mesurera le temps à consacrer à l'achèvement du Canal.

Les renseignements fournis au Congrès de 1879 avaient fait espérer sur ce point un terrain de roche résistante, et on avait admis la possibilité d'y tailler des talus presque verticaux (1/10) jusqu'à la rencontre des terrains meubles du sommet.

Cette prévision ne s'est pas réalisée; sous ces terrains meubles, qui sont des argiles fluentes de la plus mauvaise nature, règnent des couches d'argiles dures plus ou moins compactes, plus ou moins pierreuses, mais en général déliquescentes à la surface. Ces lits sont traversés çà et là par des pointements de roche éruptive qui les ont, tantôt redressés et recuits en partie, tantôt brisés, tantôt même refoulés et pénétrés au moment où la roche ignée était en fusion. Il en résulte, à en juger par les sondages et les terrains mis à nu, l'impossibilité d'y placer des talus rapides, puis de nombreuses chances d'imprévu qu'une semblable constitution du sol ne permet pas d'éviter.

Si l'on y joint la nécessité de faire venir d'Europe ou des États-Unis une partie des matériaux de construction<sup>1</sup>, presque tout le personnel dirigeant, les machines et le matériel nécessaires, on comprendra les obstacles

1. On trouve dans l'Isthme de la pierre en abondance et à proximité des chantiers, et du sable sur la plage de Panama, mais les choux et ciments, ainsi que les bois de grande charpente, sont défaut.

contre lesquels il y aura à lutter pour assurer le succès de l'entreprise et l'impossibilité de lui appliquer les procédés et les prix de nos travaux d'Europe.

A ces difficultés inhérentes à la nature du travail se joint un danger spécial au pays, les tremblements de terre. Ces accidents, dont l'importance a été contestée par les uns, exagérée par les autres, ont néanmoins laissé debout à Panama des monuments construits depuis des siècles et qui témoignent, par leur état actuel, de la possibilité, en ce qui concerne les ouvrages d'art, de résister aux mouvements du sol, tels qu'ils se produisent en ce point de l'Amérique centrale. Il y a cependant une restriction à faire pour la grande tranchée centrale.

Dans ce terrain convulsé, quel effet pourra produire, sur un talus de 100 à 150 mètres de développement, une secousse du sol? Ne détachera-t-elle pas du flanc des cerros quelques massifs plus ou moins considérables dont la grande tranchée aura pu rompre les conditions d'équilibre? Il y a là un imprévu absolument inévitable et pour lequel la Commission ne peut que faire toutes réserves. D'après les données recueillies sur la portion du terrain mise à découvert, et en supposant que les couches inférieures soient les mêmes sur toute l'épaisseur à traverser, elle ne pense pas que les accidents puissent prendre une proportion susceptible de compromettre le succès final. Les couches qui peuvent se mettre en mouvement s'appuient, en effet, sur des cerros basaltiques inébranlables qui limiteront leur masse, mais les accidents n'en seraient pas moins re-

doutables, tant par eux-mêmes que par les retards qu'ils pourraient apporter à l'exploitation.

Viennent enfin les obligations contractées au moment de la concession, obligations que le temps écoulé jusqu'ici ne rend que plus difficiles à remplir, et qu'il convient de ne pas perdre de vue dans le choix des dispositions à adopter. Assurément la bienveillance dont n'a cessé de faire preuve le Gouvernement Colombien, l'intérêt qu'il attache à la réussite de l'œuvre, les précédents sympathiques qu'il a lui-même posés et dont la Commission aura à parler ultérieurement, sont de nature à faire penser qu'il interprétera de la manière la plus large les clauses du traité de 1878 ; il n'est cependant pas inutile de peser les termes mêmes du contrat, en ce qui concerne au moins la durée de l'exécution. On y trouve les stipulations suivantes :

« ARTICLE PREMIER, § 5. — Le Canal devra être terminé et livré au service public en douze ans à partir  
« de la date de la formation de la Compagnie anonyme  
« universelle qui s'organisera pour le construire ; mais  
« le pouvoir exécutif est autorisé à octroyer une prorogation maximum de six autres années, en cas de  
« force majeure indépendante de la volonté de la Compagnie et si, après la construction de plus du tiers  
« du Canal, celle-ci reconnaissait l'impossibilité de  
« compléter l'œuvre dans les susdites douze années.

« ART. 22. — Les concessionnaires ou leurs représentants perdront les droits qu'ils acquièrent dans les cas suivants :

« ... 3° — Si à la fin du dernier délai fixé par le para-

« graphe 5 de l'article 1<sup>er</sup> le Canal n'était pas transi-  
« table.

« ARTICLE 23. — Dans tous les cas de déclaration de  
« caducité, les terres domaniales retourneront au  
« domaine de la République dans l'état où elles seront  
« *et sans indemnisation aucune*, ainsi que les édifices,  
« matériaux, travaux et améliorations appartenant aux  
« concessionnaires dans le Canal et ses dépendances.  
« Ceux-ci conserveront *uniquement* leurs capitaux,  
« navires, approvisionnements, et en général tous les  
« objets meubles. »

La Compagnie anonyme ayant été formée le 31 janvier 1881, la date à laquelle le Canal devrait être livré au service public serait le 31 janvier 1893, sauf prolongation par le Gouvernement Colombien jusqu'au 31 janvier 1899, limite extrême du délai accordé par le pouvoir législatif.

Tel est le cadre dans lequel on doit se mouvoir pour arriver à l'achèvement du Canal Interocéanique ; il était utile de le connaître pour aborder la première des questions à traiter : que coûtera l'achèvement du Canal de Panama ?



## PREMIÈRE QUESTION

---

Que coûtera l'achèvement du Canal de Panama?

### III

Le prix d'achèvement du Canal de Panama dépendra des dispositions techniques qui seront adoptées; et malheureusement, il faut le reconnaître, on se trouve aujourd'hui en face de conditions à remplir qui sont, sinon contradictoires, du moins difficiles à concilier.

D'une part, en effet, les sacrifices déjà faits dans le passé imposent la plus grande économie dans ce qui reste à faire, et conseillent de limiter la dépense au strict nécessaire. En outre, il y a lieu de se hâter de rendre le Canal transitable pour mettre fin à une situation de désastreuse expectative, et restreindre, autant que possible, les dépenses non productives, c'est-à-dire les intérêts du capital à desservir pendant l'exécution

ainsi que les frais d'administration durant la même période.

Toutefois, l'expérience l'a démontré, plus on se hâtera et plus le prix de toutes choses augmentera ; tout le monde a su que, pendant la dernière période de travaux, dans l'Isthme, le prix de la main-d'œuvre avait plus que doublé. Il ne faut pas retomber dans la même faute.

D'autre part, les économies à réaliser sur la construction seraient bien mal entendues, si elles imposaient au trafic du Canal des limites trop étroites. Indépendamment des considérations d'avenir, qu'il n'est pas permis de perdre de vue dans une œuvre semblable, ce n'est que par un large développement du trafic que l'on peut espérer arriver un jour à rémunérer les capitaux des anciens souscripteurs en même temps que ceux des souscripteurs futurs. Ajourner l'utile, en pareil cas, serait annihiler leur seule chance de succès.

La Commission s'est efforcée de tenir compte de ces besoins opposés, en adoptant de préférence les dispositions qui lui paraissaient de nature à assurer économiquement le passage quotidien du plus grand nombre possible de navires et en se restreignant pour le reste à ce qui est indispensable aux besoins de la navigation.

En ce qui concerne la durée des travaux, elle a considéré comme obligatoire de se renfermer dans le dernier délai prévu par le paragraphe 5 de l'article 1<sup>er</sup> du traité de concession, délai qui expire le 31 janvier 1899. On aurait ainsi, devant soi, un délai de près de neuf ans en apparence, mais qu'il convient de

réduire à huit dont on puisse profiter, en raison du temps qu'exigera la reprise des travaux.

La première conséquence qui se déduit de cette situation, c'est qu'il n'est pas possible, en restant dans les conditions de la concession, de poursuivre la pensée d'un Canal à niveau. La coupure de la Cordillère, même en faisant abstraction de son prix et des dangers incessants que ferait courir au Canal le voisinage du fleuve « le Chagres », exigerait, pour son creusement et surtout pour l'enlèvement des déblais, un nombre d'années beaucoup plus considérable que celui qui reste. On est ainsi forcément ramené, dans les circonstances actuelles, à la solution moins satisfaisante, mais seule réalisable, d'un Canal à écluses.

Sur les données qui ont été exposées, empruntant aux divers projets qui lui étaient soumis tout ce qui lui semblait pratiquement utilisable, laissant d'ailleurs à chaque auteur la faculté d'y reconnaître son idée et d'en revendiquer l'honneur, la Commission a pensé que le projet à réaliser aurait tout avantage à présenter les dispositions suivantes :

On placerait à 34<sup>m</sup>50, au-dessus du niveau de la mer, un bief de partage de 20 kilomètres de longueur, compris entre deux barrages fermant, à San Pablo et à Paraiso, les vallées du Chagres et du Rio Grande et constituant ainsi un lac supérieur alimenté par les eaux du Rio Chagres. Ce bief de partage comprendrait la grande tranchée à travers la Cordillère, longue de 8 kilomètres et profonde de 76 mètres à son point culminant sur l'axe.

La descente sur les deux Océans se ferait par deux échelles doubles d'écluses sur l'Atlantique, une échelle double et deux écluses séparées sur le Pacifique. La chute de chaque écluse ne dépasserait pas 11 mètres, et chacun de ces ouvrages aurait 20 mètres de largeur et 180 mètres de longueur utile, c'est-à-dire 215 mètres entre les portes.

Chaque échelon offrirait à la navigation deux sas accolés.

On aboutirait ainsi aux deux biefs maritimes, qui seraient en libre communication avec la mer et présenteraient une longueur de 24 kilomètres du côté de Colon et 12 du côté de Panama.

Entre le bief de partage et le bief maritime, des barrages intermédiaires couperaient les vallées du Chagres et du Rio Grande et formeraient un second étage de lacs, moins importants que le premier, mais contribuant comme lui à l'approvisionnement et à la régularisation des eaux.

En dehors des lacs, le Canal aurait 9 mètres de profondeur en plein bief, 8<sup>m</sup> 50 au minimum sur le buse des écluses. La cunette, à la hauteur de ces mêmes buses, aurait 22 mètres de largeur avec des talus variables suivant la nature du terrain, mais dont l'inclinaison la plus raide serait 1 de base pour 1 de hauteur.

Indépendamment du port qui doit se trouver à chaque extrémité, il y aurait un garage au pied de toutes les écluses sur chaque versant, et un garage intermédiaire entre Colon et Bohio Soldado, sur le bief maritime qui n'a pas moins de 24 kilomètres de lon-

gueur. Sur le reste du parcours, ce seraient les lacs qui formeraient garages.

Reçu dans le lac supérieur de 3.000 hectares de superficie, le Rio Chagres s'y épanouirait au moment des grandes crues et trouverait en outre, pour écouler son volume encore redoutable, bien que réduit, plusieurs issues par les déversoirs accolés aux barrages supérieurs.

On pourrait ainsi jeter ses eaux dans le Pacifique et dans l'Atlantique au moment des inondations.

Des rapports spéciaux justifient ces dispositions sur lesquelles il n'y a pas lieu, par suite, de s'étendre longuement ici; il suffira, croyons-nous, de faire connaître brièvement les deux causes principales des choix faits par la Commission en ce qui concerne la hauteur du bief de partage et le nombre ou la chute des écluses, car ces deux dernières données sont solidaires.

La grande tranchée qui doit couper la Cordillère est assurément l'ouvrage le plus long et probablement le plus difficile et le plus exposé aux mauvaises chances, de tous ceux que nécessite l'établissement du Canal. C'est sa durée qui mesurera celle de l'ensemble des travaux et il y a, par suite, intérêt à ce que le bief de partage soit placé le plus haut possible, c'est-à-dire à ce que la tranchée diminue de profondeur autant que faire se pourra.

Toutefois, un Canal à point de partage, surtout lorsqu'il est destiné à recevoir de grands navires, consomme d'immenses quantités d'eau et, pour y suffire, il ne faut rien moins que le Chagres lui-même surélevé à un

niveau suffisant pour alimenter les déperditions. La surélévation du bief de partage entraîne donc celle des barrages dont la retenue forme le lac supérieur.

Or, le sol sur lequel s'appuieront ces barrages ne peut inspirer qu'une confiance très limitée. Assez solide au flanc des cerros, très variable dans sa composition sur les versants, il plonge au thalweg de la vallée et est remplacé par des dépôts de sable, de galets et d'argile, sur lesquels il y aurait danger à asseoir un barrage de grande hauteur.

L'étude qui a été faite au sujet du barrage de San Pablo permet d'espérer la réussite en limitant le niveau des eaux à celui qui convient pour un bief de partage à 34 ou 35 mètres au-dessus du niveau de la mer; mais il serait probablement imprudent d'aller au delà. On ne doit pas perdre de vue que la rupture d'un barrage semblable à ceux qui nous occupent entraînerait la perte de la vallée, des habitants, du Canal et des navires qui s'y trouveraient à ce moment; ce serait un immense désastre.

D'un autre côté, la tranchée de la Culebra, dans les conditions qui viennent d'être indiquées, représente plus de 8 millions de mètres cubes, et, comme l'expérience a montré qu'il était à peu près impossible de fouiller et de transporter en moyenne, par année, plus d'un million à 1.200.000 mètres cubes, sur ce point spécial, on voit que le creusement du Canal à la Culebra nécessitera sept à huit années de travail, c'est-à-dire précisément le délai fixé, sous peine de déchéance, par le contrat de concession.

On se trouve donc en face d'une double indication ; le temps dont on dispose ne permet pas de descendre la tranchée plus bas, tandis que la nature du terrain engage à ne pas monter les barrages plus haut. D'où suit la convenance d'adopter, pour hauteur normale du bief de partage, 34<sup>m</sup>50 au-dessus du niveau de la mer.

Ce premier point établi, on se demandera peut-être pourquoi les écluses ont été aussi multipliées et pourquoi la Commission n'a pas adopté des écluses à très grande dénivellation, dont l'usage paraît au premier abord plus simple. La raison en est facile à donner : c'est que les écluses à grande dénivellation diminuent dans une large mesure la capacité de fréquentation d'un canal, c'est-à-dire le nombre des bateaux qui peuvent transiter dans une journée.

Il est aisé de s'en rendre compte.

La capacité de fréquentation d'un canal dépend, non du nombre des écluses qui s'y trouvent, mais du temps que dure le passage à travers une seule éclusé. Si, par exemple, on a besoin de deux heures pour traverser un de ces ouvrages, comme il faut nécessairement que les bateaux s'y succèdent, on ne pourra faire en 24 heures que 12 passages ou éclusées.

Si, au lieu d'exiger deux heures, l'éclusée n'en prend qu'une, on pourra effectuer 24 passages au lieu de 12. Il est vrai que chaque bateau peut avoir alors deux écluses à traverser au lieu d'une ; mais, comme la seconde éclusée pourra se faire pour un bateau en même temps que la première s'effectuera pour un autre bateau, il se trouvera, après la journée révolue, qu'on aura obtenu

24 passages au lieu de 12. Chaque bateau, envisagé isolément, n'y aura pas gagné, il y aura peut-être même perdu, mais l'ensemble aura été deux fois mieux desservi.

C'est ainsi que, dans une maison, par un ascenseur, quatre personnes monteront aux étages supérieurs plus rapidement que si elles empruntaient l'escalier, tandis que cent personnes arriveront plus vite par l'escalier, parce qu'elles monteront toutes à la fois au lieu de se succéder en 25 voyages.

Pour se faire une idée du temps que peut exiger le passage à travers une écluse à forte dénivellation, il convient d'étudier ce qui se passerait pour un des types recommandés par divers organes de l'opinion publique, l'écluse de 28 mètres de chute.

Avec les dimensions admises, c'est-à-dire 20 mètres de largeur et 200 mètres de longueur, le cube d'eau à introduire dans le sas pour une écluse est de 112.000 mètres cubes. Or l'expérience montre que, pour un navire amarré dans un sas, et surtout pour plusieurs navires, s'ils y sont réunis en groupe, on aurait à craindre les plus graves avaries si l'eau, dans son ascension ou sa descente, subissait des mouvements tumultueux. L'introduction et l'émission, l'introduction surtout, doivent être lentes et régulières; et, si l'on s'en rapporte aux expériences faites jusqu'ici, elles doivent, dans des écluses de cette taille, être combinées pour ne pas dépasser un déplacement vertical moyen de sept millimètres et demi par seconde, ou de  $0^m45$  par minute. A ce taux, on introduirait dans le sas par

seconde 30 mètres cubes à la fois; c'est à peu près les deux tiers du débit de la Seine, à Paris, pendant la saison d'été, et on conçoit la difficulté qu'il peut y avoir à jeter une semblable quantité d'eau dans une capacité fermée, sans y créer une agitation de nature à secouer des navires attachés de court, et même à les heurter les uns contre les autres.

On ne doit pas perdre de vue en [effet que, pour suivre le mouvement de l'eau, ces navires doivent manœuvrer leurs amarres à *la demande* pendant leur ascension et leur descente, de façon à rester toujours à la même distance, soit les uns des autres, soit des portes et des murs. C'est là une manœuvre très délicate, surtout avec l'énorme masse que présentent les navires marins et le développement de leurs agrès. Il est d'autant moins nécessaire d'insister sur ce point que, sur la Seine où les écluses ont une surface moindre avec une hauteur de chute de 3 mètres seulement, et où l'on n'a que des bateaux de rivière, c'est-à-dire infiniment plus maniables, on se maintient dans la limite d'une moyenne de 5 millimètres par seconde ou 0<sup>m</sup>30 par minute.

Il suit de là que le remplissage ou la vidange d'un sas de 28 mètres de chute exigent un peu plus d'une heure, tandis que les mêmes opérations s'accompliraient en moins d'une demi-heure pour une chute de 11 mètres, en un quart d'heure pour une chute de 6 à 7 mètres.

Des retards analogues, mais qu'il est plus difficile de chiffrer, se présenteraient dans la manœuvre des portes. Pour une écluse de 28 mètres de chute, destinée à des bateaux de 8<sup>m</sup>50 de tirant d'eau, la fermeture, quelle

qu'elle soit, devrait avoir de 37 mètres à 37<sup>m</sup>50 au-dessous du niveau de l'eau. En y joignant 1 à 2 mètres au-dessus de ce même niveau, on arrive à 39 mètres de hauteur totale. C'est la dimension de la colonne Vendôme, à la coupole près. Quant à la largeur du vantail, comme elle est à peu près celle de la rue de la Paix, on se donne une idée de la porte à construire, en se représentant une fermeture qui s'élèverait à la hauteur de la colonne et barrerait une voie aussi large que celle dont nous venons de parler, et dont les maisons auraient environ deux fois et demie la hauteur qu'elles présentent aujourd'hui.

Enfin cet immense barrage devrait avoir une résistance suffisante pour supporter une pression de plus de douze millions de kilogrammes.

Assurément, l'industrie a créé, dans ces derniers temps, assez de merveilles pour qu'une porte semblable soit regardée comme réalisable. On l'exécuterait et on la manœuvrerait, nous en sommes persuadés, mais il ne serait pas possible d'assimiler la durée de la manœuvre d'un semblable engin au temps qu'exige la manœuvre des portes usuelles et, de ce chef encore, il faudrait s'attendre à de grands retards, surtout en admettant des passages de jour et de nuit d'une façon à peu près continue.

Bref, en tenant compte de ces diverses circonstances, la Commission a pensé qu'une écluse de 28 mètres de chute exigerait, au minimum, trois heures pour sa manœuvre complète, tandis qu'avec une écluse de 11 mètres de chute, on pouvait espérer n'employer

qu'une heure et demie. La capacité de trafic est donc au moins double avec des écluses de 11 mètres et cette chute peut, à la rigueur, permettre de 12 à 16 passages de navires par jour et par écluse, alors que la chute de 28 mètres n'en permettrait que 6 à 8, même en supposant, dans les deux cas, un travail continu de jour et de nuit qui serait bien difficile à réaliser dans la pratique.

Or, si l'on veut que le tonnage du Canal de Panama puisse atteindre un développement rémunérateur, il faut nécessairement que chaque écluse livre passage, par jour, à un nombre de navires considérable.

A Suez, pendant les quatre années 1885, 1886, 1887 et 1888, 13.301 navires ont transité, donnant un tonnage total de 24.647.267 tonneaux, ce qui représente, par an, 3.325 navires d'un tonnage moyen de 1.853 tonneaux et un trafic annuel de 6.161.817 tonneaux.

Mais, en pareil cas, ce serait une grave erreur que de raisonner sur les moyennes, car les exigences de la navigation et du commerce apportent des écarts très considérables dans les arrivages et les départs. A Suez, la moyenne a très fréquemment doublé, parfois même triplé<sup>1</sup>, et si, dans un Canal à écluses, il n'est pas pos-

1. Si l'on prend pour terme de comparaison ce qui se passe à Port-Saïd, on trouve que le nombre des navires qui y ont mouillé, en 1885, a été en moyenne de 24 par jour. Toutefois, les écarts de la circulation ont été très considérables. On n'a reçu parfois que 10, 8, 6 et même 2 navires (le 29 janvier). Dans d'autres moments, il en est arrivé très fréquemment de 30 à 40, parfois de 40 à 50; le nombre s'en est même élevé, le 22 juin, à 80. Dans les quatre journées des 22, 23, 24 et 25 juin

sible d'assurer le passage sans aucun retard, au moins faut-il que ce retard soit assez restreint pour n'embrasser qu'une période de temps insignifiante par rapport à la durée de la traversée complète des navires qui transitent. Sans cette certitude, la navigation prendrait une autre route.

D'autre part, le climat de l'Isthme, aussi bien que les sujétions qui résultent de l'existence des écluses, imposeront un certain nombre de jours de chômage, et on ne saurait, à l'avis de la Commission, compter sur plus de 320 jours par an.

A ce taux, pour le tonnage moyen de Suez des dernières années, soit 6.160.000 tonneaux, il y aurait à écouler environ 11 navires en moyenne par jour. Ce nombre passerait à 13 pour 7.250.000 tonneaux, c'est-à-dire pour le trafic qui avait été primitivement prévu, et, en supposant que, pour répondre aux exigences de la circulation, il suffise de pouvoir livrer passage au double du nombre moyen de navires, on serait amené à 26 ou 28 éclusées par jour. La Commission estime, en effet, qu'il serait difficile de compter sur plus de 1.800 à 2.000 tonneaux par éclusée, en moyenne.

réunies, on avait reçu 496 navires, tandis que, dans celles des 17, 18, 19 et 20 du même mois, on n'en avait compté que 28. Encore faut-il ajouter que le tonnage moyen des 496 navires était supérieur au tonnage moyen des 28, en sorte qu'on ne saurait attribuer cet écart au passage simultané de simples barques.

Tous les navires, il est vrai, qui ont mouillé à Port-Saïd, n'ont pas traversé le Canal de Suez, mais l'irrégularité de l'arrivée des uns mesure à peu près celle des autres.

Toutefois ces chiffres supposent une circulation réglée comme elle l'est à Suez. Or, au canal de Panama, il est à croire que les variations seront encore plus accentuées. A Suez, en effet, les difficultés que présente la navigation de la mer Rouge (qui est inséparable de celle du Canal) sont telles que les vapeurs seuls, ou à peu près seuls, empruntent cette voie ; or, leur machine leur permet un service presque régulier. A Panama, au contraire, les alizés des deux Océans seront probablement mis à profit par les voiliers aux moments favorables, et il en résultera que, pour un plus grand nombre de navires, les arrivées ou les départs seront simultanés. Il y a donc tout intérêt à augmenter, autant que possible, la capacité de trafic du Canal, et, même avec des écluses de 11 mètres de chute, le doublement des sas s'impose, pour peu que la fréquentation doive se rapprocher de celle de Suez.

La conviction de la Commission est si profonde à ce sujet qu'elle aurait préféré voir donner aux écluses une chute inférieure à 11 mètres. Toutefois, comme il existe dans l'Isthme des approvisionnements considérables disposés en vue de la chute de 11 mètres, elle a cru devoir, dans les circonstances où l'entreprise se trouve, ne pas renoncer à leur utilisation.

C'est une des conséquences de la situation plutôt qu'un choix spontané.

Aux dispositions générales qui viennent d'être sommairement indiquées, la Commission pense qu'il convient d'ajouter la création d'un port à Colon, car on n'y trouve aujourd'hui qu'une rade foraine d'une mauvaise

tenue et où tout est à craindre dans les moments, heureusement rares, où soufflent les vents du Nord, très violents à de certaines époques, Décembre et Janvier notamment. Ce port consisterait, du reste, en un simple élargissement du Canal qui serait porté à 250 mètres sur le premier kilomètre et où des wharfs assureraient la communication avec la terre.

Il serait, sans aucun doute, préférable que le commerce trouvât là des établissements maritimes plus complets, tels que magasins, chantiers, formes de radoub, etc...; mais ce sont des créations dont on peut se passer au début et qui doivent, d'ailleurs, se suffire à elles-mêmes lorsque le besoin s'en fait sentir. Il n'y a donc pas à les compter, malgré leur grande utilité, dans le capital de premier établissement indispensable à l'achèvement du Canal.

Sur le Pacifique, la rade de Panama présente un calme constant et une très bonne tenue. Toutefois, en raison de la faible profondeur qu'elle offre entre la côte et les îles Naos, Perico et Flamenco, c'est près de ces îles que les grands navires doivent aujourd'hui stationner.

Il faudra, par suite, que le chenal maritime soit terminé entre ce mouillage et la Boca du Rio Grande, où commence le Canal proprement dit. A la Boca également devra être établi un vaste garage où pourront stationner les navires, en attendant le moment de s'engager dans la partie rétrécie du Canal.

Il est probable que ces ouvrages, aidés de quelques feux de direction, suffiront pour longtemps à Panama,

si les courants de marée ne tendent pas trop à niveler le chenal maritime. Les apports ne paraissent pas très considérables et il y a des chances pour que des dragages d'entretien bien entendus en aient facilement raison. S'il n'en était pas ainsi, on serait forcé de recourir dans l'avenir à des ouvrages spéciaux ; mais l'expérience seule peut prononcer à ce sujet et il ne serait pas opportun d'en charger le capital de premier établissement.

On en dira autant des magasins, quais, formes de radoub, etc., que peut nécessiter plus tard, à Panama comme à Colon, un grand développement commercial. Il serait prématuré de s'en occuper aujourd'hui, et la Commission a tenu à demeurer dans la limite des travaux strictement nécessaires au trafic qui pourra dans l'avenir devenir rémunérateur.

#### IV

Tels sont les traits généraux du projet sur lequel la Commission a basé l'estimation à laquelle elle arrive pour les travaux proprement dits. Elle a reçu, au cours de ses études, de nombreuses communications dont elle a tiré profit autant qu'elle a pu le faire, mais en s'imposant comme règle absolue de ne pas sortir du domaine de l'expérience et de la pratique. Il lui a semblé que, dans la situation que les circonstances ont faite au Canal Interocéanique, c'était la seule marche à suivre. On ne fait pas appel au commerce du monde entier sur la

foi d'une hypothèse ou d'un essai, quelque séduisante que puisse paraître à certains esprits l'idée première qui y a donné naissance. Même en cherchant à réaliser cette grande œuvre sur des bases éprouvées, elle présente encore par elle-même trop d'incertitudes pour qu'on y ajoute les chances d'échec que fait courir toute invention nouvelle, surtout quand on veut l'appliquer sur une semblable échelle.

Tout en rendant justice au caractère ingénieux de beaucoup des propositions qui lui ont été soumises, soit pour substituer aux écluses et au Canal lui-même des procédés mécaniques de transport, soit pour effectuer les travaux avec plus de rapidité et d'économie, la Commission, pour ses évaluations, n'a pas cru devoir sortir des procédés habituels de l'art des constructions. Il n'est pas impossible que la Compagnie qui achèvera le Canal reprenne une partie de ces idées et en profite dans la mesure qu'elle jugera utile à ses intérêts ; mais il serait imprudent d'escompter cet avenir à l'heure actuelle où le premier devoir est d'écarter tout ce qui peut devenir un rêve, pour rester dans les conditions d'une réalisation qu'on voudrait pouvoir dire assurée et qu'il est sage d'appeler simplement possible.

C'est dans cet esprit que la Commission a établi les prix unitaires dont l'application aux cubes doit fournir l'estimation des travaux.

V

Pour évaluer ces prix unitaires, la Commission a dû faire abstraction des précédents posés pendant les dernières années de travail de la Société en liquidation. A ce moment, la hâte que l'on avait de se rapprocher du but et la concurrence qui s'était établie entre les divers chantiers avaient surélevé tous les prix d'une façon démesurée. La cessation des travaux a permis un certain retour vers la situation qui existait au début, mais on ne saurait se dissimuler qu'il sera difficile de s'en rapprocher tout à fait. Des chantiers de cette importance, exigeant d'une manière constante de 15 à 20.000 ouvriers, peut-être même davantage pendant la saison sèche, auront besoin d'être conduits avec autant de fermeté que de prudence pour ne pas provoquer une hausse ruineuse de la main-d'œuvre. Il faut reconnaître également que l'ouvrier, le tâcheron, l'entrepreneur qui s'expatrieront pour consacrer leurs forces et leur industrie à des travaux aussi difficiles, aussi dangereux, ne le feront que sous l'appât d'un bénéfice considérable à réaliser en peu d'années. Les prix auxquels s'est arrêtée la Commission tiennent compte, autant que faire se peut, de ces circonstances si aléatoires ; ils sont beaucoup plus forts que ceux d'Europe, mais très inférieurs à ceux qui ont été récemment payés dans l'Isthme ; ils sont même inférieurs à ceux qui avaient été prévus en 1879 par le Congrès International ; mais, en même temps, par suite de la

nature du terrain et de l'inclinaison à donner aux talus, les cubes augmentent dans une grande proportion et la répartition par espèce de déblais s'écarte de celle sur laquelle on avait compté à cette époque. Enfin, il faut ajouter aujourd'hui aux terrassements une immense quantité de maçonnerie, qui n'était pas dans les prévisions primitives et qui devient un des facteurs principaux de l'estimation des travaux.

Ces mêmes prix unitaires ont été calculés en admettant que tout le matériel qui se trouve dans l'Isthme sera mis à la disposition de ceux qui seront chargés de l'exécution, à la charge par eux de l'entretenir, de le rendre en bon état lors de l'achèvement des travaux et de ne pouvoir, sous aucun prétexte, en réclamer l'augmentation ou le renouvellement. Il a paru que ce serait la meilleure manière d'utiliser les nombreux appareils qui existent, lesquels sont en bon état et pourraient suffire à l'achèvement du Canal. Cet immense matériel a coûté des sommes considérables comme achat, transport et montage, mais sa valeur d'utilisation ne peut être en ce moment déterminée. Elle variera avec les procédés d'exécution qui seront adoptés pour le creusement du Canal et trouve, par suite, difficilement place dans l'estimation des travaux proprement dits. Cette acquisition devra faire l'objet d'une convention transactionnelle dans laquelle les deux parties auront certainement intérêt à s'entendre, mais dont les bases sont aujourd'hui complètement indéterminées.

VI

L'application des prix unitaires aux quantités amène à un total, en ce qui concerne les travaux qui peuvent être prévus, de..... 485.800.000 Francs se décomposant comme il suit :

Terrassements.....	290.150.000 Francs.
Écluses .....	110.000.000
Barrages.....	53.000.000
Siphons.....	5.150.000
Déviations du chemin de fer.....	10.500.000
Expropriations....	16.000.000
Installations d'éclairage .....	1.000.000
Total égal.	<u>485.800.000 Francs.</u>

A ce premier total il convient d'ajouter, pour les ouvrages qui ne peuvent se chiffrer à l'avance et l'imprévu, environ 20 0/0 de la somme qui vient d'être indiquée, soit 94.200.000 francs.

On doit s'attendre, en effet, à l'obligation d'établir des revêtements aux talus de la cunette du canal partout où des bancs de roche dure, faisant saillie sur des couches voisines déliquescentes, laisseraient à la paroi des aspérités susceptibles de blesser les navires.

Il faudra également des travaux d'assainissement considérables, tant sur les points où des éboulements se

sont déjà produits que sur ceux où ils sont à redouter.

Enfin il reste l'imprévu, le véritable imprévu. Et si, en Europe, on compte 10 à 12 pour cent pour l'imprévu dans des travaux courants, il convient de dépasser cette proportion en pays neuf et pour des ouvrages qui n'ont pas d'analogues.

L'estimation des travaux proprement dits doit donc être portée à 580.000.000 francs, en tenant compte tant de l'imprévu que des travaux accessoires qui ne peuvent s'évaluer à l'avance.

## VII

Toutefois, ce n'est là que le prix des travaux proprement dits et il y a lieu d'y ajouter les frais de toute nature qui incombent à une œuvre de ce genre.

En première ligne, viennent les frais d'administration tant dans l'Isthme qu'au chef-lieu financier de la Société. Ces frais, en France, portent le nom de frais généraux et sont évalués, avec l'assentiment de l'Administration, à 6 0/0 du prix des travaux. Or, si l'on réfléchit à cette dualité dans le commandement, si l'on se dit que d'aussi immenses ouvrages exigent des agents vigilants, énergiques et qui se renouvellent le moins souvent possible pour ne pas perdre le fruit de l'expérience acquise, si l'on songe que le climat force le personnel à des absences périodiques, ce qui implique, sur les lieux mêmes, deux agents pour la plupart des postes, on comprendra comment, au lieu de 6 0/0, il

faut compter 10 0/0, c'est-à-dire 58 millions. Le total devient par cela même 638 millions.

Mais la constitution d'un capital de cet ordre ne se fait pas sans des sacrifices considérables, surtout quand les précédents ne sont pas de nature à inspirer confiance, et c'est le cas du Canal Interocéanique. Il faudra un effort exceptionnel, des explications détaillées et des garanties sérieuses pour rétablir le crédit ébranlé. On ne saurait évaluer les frais de constitution du capital à moins de 5 0/0 du total des fonds à émettre.

Enfin, il y a à faire face aux intérêts pendant la construction. En attribuant aux travaux une durée de huit ans et en admettant que les fonds ne seront appelés qu'au fur et à mesure des besoins, l'intérêt ne sera à compter, suivant l'usage, que pour quatre ans. Évalué à 6 0/0, ce qui paraît le taux minimum que les circonstances permettent d'espérer, on arrive encore à 24 0/0 des fonds à appeler.

Ces deux causes de dépenses réunies représentent 29 0/0 des fonds à appeler, lesquels passent, par cela même, de 638 millions à 899 millions, soit, en nombre rond, 900 millions.

## VIII

900 millions: tel est le capital à demander à la fortune publique pour terminer le Canal Interocéanique. Quelque élevé qu'il puisse paraître, la Commission tient à bien stipuler les conditions dans lesquelles il a été déterminé.

Les dispositions adoptées sont les plus économiques parmi celles qui permettent un large développement du trafic. Il est certain que, si ce trafic devient rémunérateur, le Canal devra être perfectionné sous bien des rapports. On sera probablement conduit à donner aux biefs maritimes une double voie, à élargir les garages, à se rendre encore plus maître des crues du Chagres, à créer, sur les ports des extrémités, des établissements maritimes, etc., sans préjudice de tout ce que révélera l'expérience, comme besoin d'outillage, pour une navigation de jour et de nuit. Toutefois ces additions ne sont pas indispensables aujourd'hui, et le Canal, tel qu'il est prévu, offrira, la Commission le pense du moins, assez d'avantages sur le passage par le cap Horn ou le détroit de Magellan, pour qu'avec un péage modéré on y attire la navigation intéressée. On a cru devoir, avant tout, obéir à la pensée de réduire la dépense autant que faire se pouvait sans compromettre l'avenir.

Les prix, ainsi qu'on l'a déjà dit, supposent l'abandon à la future Société de la jouissance gratuite de tout le matériel approvisionné dans l'Isthme, ainsi que de tous les établissements qui ont été créés par l'ancienne Société.

La constitution du capital est considérée comme ne devant pas coûter plus de 5 0/0 de ce même capital, et l'intérêt à desservir pendant la construction comme ne dépassant pas 6 0/0 l'an.

On a dû supposer également qu'il n'y aurait pendant la période de huit ans, laquelle paraît strictement nécessaire pour l'achèvement du Canal, ni guerre, ni

révolution, ni grève prolongée. Ces causes accidentelles de retard ne peuvent figurer dans les prévisions et devraient être considérées comme des événements de force majeure.

Enfin, la Commission a admis qu'une administration habile, vigilante, bien fixée dès le début sur ce qu'elle veut faire, organiserait immédiatement les chantiers les plus difficiles et suivrait ensuite, avec une énergie persévérante, la marche que ses études lui auraient fait choisir.

Si toutes ces conditions n'étaient pas remplies, si, à un moment quelconque, renouvelant les fautes du passé, on allait à l'aventure et si, par suite, vers la fin de l'exécution, on devait, coûte que coûte, terminer sous peine de déchéance, il est impossible de prévoir jusqu'où pourrait s'élever la dépense. La Commission fait donc à ce sujet les réserves les plus expresses.

## IX

Après avoir évalué le capital de premier établissement, la Commission a cherché à se rendre compte des dépenses probables d'exploitation et d'entretien.

Elle a étudié directement le fonctionnement probable du Canal, ses dépenses d'entretien, le personnel qu'il faudrait employer, le service sanitaire, la police, les frais d'administration, etc ; puis elle a contrôlé les résultats ainsi obtenus par ceux qui leur étaient comparables au Canal de Suez et elle est arrivée à un chiffre

annuel moyen de . . . . .	10.000.000	francs
se décomposant comme il suit :		
Entretien des ouvrages. . . . .	5.500.000	
Administration, personnel et frais d'exploitation dans l'Isthme.	2.600.000	
Administration centrale, ser- vice des titres, impôts, etc. . . . .	1.900.000	
Total . . . . .	10.000.000	francs

Telle serait la dépense annuelle totale sur laquelle il y aurait lieu de compter. Il pourra y avoir, en outre, quelques frais additionnels pour remorquage, droits de quai, etc.; mais le total en sera sans importance et la Commission estime qu'ils pourront être simplement payés par les navires. Elle ne les a comptés, par suite, ni en recette ni en dépense, estimant, d'une part, que la plupart d'entre eux seront facultatifs et que, d'autre part, leur total, qui ne saurait dépasser 1 franc ou 1 fr. 50 par tonneau de jauge, demeurerait sans influence sensible sur la circulation.

## SECONDE QUESTION

Quels pourront être les revenus du Canal de Panama ?

### X

Les revenus du Canal de Panama varieront avec le nombre des bateaux qui transiteront; mais ce nombre de bateaux lui-même se modifiera dans une large mesure avec le taux du droit à percevoir. Chaque navire, en effet, ne peut consacrer au passage par le Canal que l'économie à réaliser par le trajet nouveau qui lui est offert. Or cette économie est loin d'être la même pour les diverses lignes de navigation. Très importante par exemple pour le trajet de New-York à San Francisco, elle sera moindre pour aller de New-York au Japon, et se réduira encore davantage entre Sydney ou Melbourne et Londres. Comme, d'autre part, le traité de concession exige un tarif uniforme, il est

indispensable d'assigner à ce tarif une valeur moyenne écartant le moins possible les lignes qui peuvent être productives.

Une étude détaillée a été faite à ce sujet par la Commission et un rapport spécial en justifie. Le chiffre de 12 fr. 50 par tonneau de jauge a été considéré comme la redevance qu'il était possible de demander aux navires, et la Commission estime même qu'avec le temps et pour mieux développer le trafic, on sera amené un jour à abaisser ce droit et à le rapprocher de celui qui se perçoit au Canal de Suez et qui est, tout compris, de 9 fr. 80 par tonneau de jauge.

Enfin, il est un ordre d'idées dans lequel les progrès de notre époque forcent à entrer, c'est la concurrence possible par les chemins de fer. Le chiffre de 0 fr. 17 par tonneau de jauge et par kilomètre, qui résulte du tarif ci-dessus, correspond à Panama à un taux encore plus élevé par tonne de marchandise, à 0 fr. 20 au minimum en moyenne. Or, si l'on se reporte aux tarifs de nos chemins de fer d'Europe, qui exploitent à raison de 5 à 6 centimes par tonne et par kilomètre, on comprendra comment un chemin de fer, même notablement plus long, pourrait faire concurrence au Canal, ou tout au moins s'emparer d'une partie de son trafic.

Cette éventualité est d'autant plus à craindre que des chemins de fer s'établissent actuellement sur nombre de points de l'Amérique centrale et que, pendant la construction du Canal, cette tendance ne fera certainement que s'accroître. On doit donc compter sur quelques dérivations du courant commercial, dérivations qui

seront d'autant plus fortes que le prix du transit sera plus élevé.

Il serait dès lors imprudent de taxer les navires à plus de 12 fr. 50 par tonneau de jauge, tous droits compris, et, comme on l'a déjà dit, il est probable que, dans un certain nombre d'années, ce tarif pourra difficilement être maintenu.

## XI

Reste à évaluer le tonnage total des navires appelés à transiter par le Canal Interocéanique. C'est là un des problèmes commerciaux les plus ardues que l'on puisse se poser et la Commission, en rendant compte de son étude, tient à formuler tout d'abord deux observations qu'il est essentiel de ne pas perdre de vue dans ce qui va suivre :

La première, c'est qu'en semblable matière, on ne raisonne que sur des hypothèses ; on ne peut, par suite, arriver qu'à de simples probabilités, émises sous toutes réserves, en ce qui concerne les modifications que peuvent subir dans l'avenir la navigation, le commerce, l'industrie, les relations de peuple à peuple, les nouvelles découvertes, etc. Notre génération a vu assez de ces transformations imprévues pour que l'on doive se garder d'une affirmation précise.

En second lieu, les données statistiques que fournissent les divers pays sont souvent incomplètes, et presque toujours conçues dans des ordres d'idées différents. En ce qui concerne les tonnages, notamment,

là où ils sont relevés, les règles suivies sont loin d'être les mêmes, tandis que, sur d'autres points, le commerce n'est évalué qu'en argent, et c'est de cette donnée qu'il faut déduire le tonnage.

Aussi, lorsque le Congrès International de 1879 s'était occupé de cette question, les réserves les plus expresses avaient été faites au sujet du chiffre de 7.250.000 tonneaux qui figurait au rapport, mais avec un sens autre que celui qu'il a pris depuis.

« Il importe, disait ce rapport, de ne pas se  
« méprendre sur la portée de ces chiffres. *Ils ne signi-*  
« *fient pas que 7.250.000 tonnes prendront nécessaire-*  
« *ment la route du Canal l'année de son ouverture, ni*  
« *même les années suivantes.....* Nous donnons en bloc  
« le nombre brut; *nous ne faisons pas la part de*  
« *chacune des voies de communication qui existeront à*  
« *travers le continent américain.* C'est au Canal à se  
« la faire lui-même. *Nous lui montrons le double*  
« *réservoir dans lequel il aura à puiser pour s'alimenter*  
« au jour de sa naissance..... Voilà le point de  
« départ. »

Sous l'empire du succès obtenu à Suez, cette indication s'est transformée dans l'opinion publique. *Le réservoir où l'on devait puiser* a été attribué tout entier au Canal, non pas dans l'avenir, mais dès le début. Ce qui était une espérance est devenu un résultat probable et prochain, et de là découle aujourd'hui une nouvelle source de mécomptes qu'il serait injuste d'attribuer au travail du Congrès de 1879.

Depuis cette époque, la statistique est devenue moins

confuse, bien des documents qui n'existaient pas alors ont pu être consultés; ils ont permis de préciser un peu plus les probabilités commerciales et de rectifier, à l'aide de l'expérience, quelques données des calculs primitifs.

Un des rapports spéciaux qui seront publiés à l'appui de ce résumé indiquera, en les justifiant autant que faire se peut, les détails de l'étude commerciale à laquelle la Commission s'est livrée. On se bornera ici à indiquer les résultats auxquels elle est arrivée, résultats qu'elle énonce, il faut le répéter encore, sous les réserves formulées plus haut.

1° A partir de la mise en exploitation du Canal, et par un accroissement annuel d'un million de tonneaux environ, le transit s'élèvera, dès la quatrième année, un peu au-dessus de 4 millions de tonneaux, soit 4.100.000 tonneaux.

2° Pendant les huit années suivantes, ce chiffre s'accroîtra, en moyenne, d'environ 250.000 tonneaux par an (à peu près 6 0/0), ce qui, dans la douzième année après l'ouverture, lui ferait atteindre, peut-être même dépasser, 6 millions de tonneaux.

3° Tout en espérant que le trafic continuera à croître après cette période de douze ans, il est difficile d'émettre une prévision, tant les milieux à notre époque se modifient rapidement. La prudence est d'autant plus commandée dans ce cas qu'il sera probablement nécessaire, à ce moment, de réaliser l'abaissement du tarif dont il a été parlé plus haut, et sans lequel on ne pourrait espérer attirer dans la clientèle du Canal une part du com-

merce de l'Europe avec l'Extrême-Orient Asiatique, la Malaisie et l'Australie.

Si l'on consulte la progression du trafic au Canal de Suez, on la trouvera notablement plus forte que celle qui vient d'être indiquée, mais il convient de ne pas faire une assimilation qui serait inexacte.

D'une part, en effet, le trafic de Suez au début a été très peu important, 4 à 500.000 tonneaux, tandis qu'à Panama, nous donnons au trafic du Canal, au bout de quatre ans, l'activité que Suez n'a obtenue que de 1881 à 1882. La progression ultérieure ne saurait par suite être la même.

D'autre part, le Canal de Suez n'en est encore qu'à un tonnage inférieur à 7 millions de tonneaux après vingt années d'exploitation, et, pour assigner un chiffre à peu près semblable au Canal de Panama après douze années d'exploitation seulement, il a fallu tenir compte d'un développement notable du commerce en général, relevant la quote-part qui reviendrait à Panama dans l'état actuel des transactions.

Enfin, il ne faut pas perdre de vue que le Canal de Suez relie l'Europe, par la voie la plus courte, à la plus grande agglomération d'hommes qui existe : 400 millions d'habitants en Chine, 200 dans l'Inde, 39 dans l'Indo-Chine, 40 au Japon, 30 dans les Iles de la Sonde, en tout 700 millions d'hommes, sans parler de l'Australie, des Moluques et des Philippines qui, par Suez ou par Panama, sont à peu près à égale distance de nos contrées. Tous ces pays, producteurs et consommateurs, et depuis longtemps tributaires de l'Europe, constituent

un marché qu'il sera bien longtemps difficile d'égaliser.

Assurément le spectacle de l'activité toujours croissante des États-Unis, la richesse de ce pays, le développement prodigieux de son commerce et de son industrie, sont des circonstances de nature à alimenter, dans l'avenir, d'immenses transactions, surtout si les autres nations du nouveau continent sont entraînées dans ce mouvement de progrès. Mais ce n'est pas l'œuvre de quelques années; pour de semblables transformations il faut envisager plus d'un quart de siècle, en se disant d'ailleurs que des révolutions du même genre peuvent se produire dans les moyens de transport et fausser toutes les prévisions.

## XII

Sur les bases qui viennent d'être indiquées, le Canal, trois ou quatre années après son ouverture, donnerait, pour 4.100.000 tonneaux de jauge à raison de 12 fr. 50 par tonneau..... 51.250.000 Fr.

De ce total, il faut déduire :

Pour le Gouvernement Colombien,

conformément à l'article 15 du

traité de concession, 5 0/0 de

la recette brute. 2.562.500

Les dépenses nor-

males d'exploit-

tation et d'en-

tretien..... 10.000.000

12.562.500 »

Reste pour recette nette..... 38.687.500 Fr.

Quatre ans après, le trafic étant devenu de 5.400.000 tonneaux, la recette brute serait de 63.750.000 Fr.

A déduire :

Pour le Gouvernement Colom- bien.....	3.187.500	} 13.187.500 »
Les dépenses nor- males.....	10.000.000	
Reste pour recette nette.....		<u>50.562.500 Fr.</u>

Quatre autres années après, c'est-à-dire douze ans après l'ouverture, le tonnage arrivant à 6.000.000 de tonneaux, la recette brute monterait à 75.000.000 Fr.

A déduire :

Pour le Gouvernement Colom- bien.....	3.750.000	} 13.750.000 »
Les dépenses nor- males.....	10.000.000	
Reste pour recette nette.....		<u>61.250.000 Fr.</u>

Il convient de faire remarquer ici que les calculs qui précèdent supposent que le tarif de 12 fr. 50 par tonneau de jauge subsistera encore douze ans après l'ouverture du Canal. Or, ainsi qu'on l'a déjà exposé, il est probable que, dans l'intérêt même de l'œuvre, on sera conduit, peut-être avant ce délai, à se rapprocher du tarif de Suez. Dans quelle mesure l'abaissement devrait-il se produire? C'est ce qu'il est impossible de pressentir, mais cette éventualité suffit à faire comprendre comment les chiffres indiqués sont plutôt au-dessus qu'au-

dessous de l'avenir probable. Il serait plus sage de ne compter au bout de douze ans d'exploitation que sur une recette nette de 60.000.000 de francs.

Quelle qu'elle soit, la recette nette serait à répartir entre les souscripteurs futurs et les souscripteurs actuels, suivant une proportion à déterminer par le contrat qui liera la nouvelle Société à l'ancienne, contrat qui ne peut être qu'une transaction amiable basée sur de larges concessions réciproques.

### XIII

Si l'on cherche, en effet, à se rendre compte des apports des deux parties dans le contrat à intervenir, on se trouve en face d'une situation des plus complexes.

La nouvelle Société apporte le capital de premier établissement, sans lequel le travail ne pourrait s'achever. La perte alors serait irrémédiable, et son intervention, absolument nécessaire, lui crée des droits prépondérants. Mais, d'un autre côté, elle ne peut disposer ni du matériel, ni des établissements de l'ancienne Société. Cette dernière, il ne faut pas le perdre de vue, est encore actuellement le seul concessionnaire; elle a, à ce titre, des droits qui sont précisément ceux des anciens souscripteurs et il n'est pas prudent pour ceux-ci d'en affaiblir la valeur, comme quelques-uns d'entre eux, dans ces derniers temps, semblaient prendre à tâche de le faire. Ces droits sont très nettement établis par la loi du 18 mai 1878; ils ne s'éteindraient qu'en 1899 si, à cette époque, le Canal

n'était pas transitable et, d'ici là, ils constituent un privilège avec lequel il faut compter. Du reste, dans ce pays neuf où tout est à créer, une nouvelle Société pourrait bien difficilement se passer du concours de l'ancienne, sans s'exposer à son tour à de graves mécomptes.

L'ancienne Société apporte son matériel, ses nombreux établissements, ses approvisionnements, les terrains qu'elle a acquis de ses deniers, ceux que lui attribue l'acte de concession et les travaux déjà faits.

Le matériel, dont l'acquisition, le transport et le montage ont coûté 150 millions, est en bon état, quoiqu'ayant une certaine usure. Dans la pensée de la Commission, il pourra suffire, tel qu'il est, à l'achèvement du Canal, si le mode d'exécution des travaux n'est pas changé, et dispensera ainsi d'en créer un nouveau.

Les établissements fixes, hôpitaux, logements, ateliers, etc., sont indispensables à la nouvelle Société, comme ils l'étaient à l'ancienne ; ils ont coûté 52 millions. Mais, d'une part, ils n'ont plus leur valeur intrinsèque primitive ; d'autre part, l'ancienne Société n'en a pas la libre et complète possession, puisqu'en cas de déchéance ils demeurent sans indemnité à la Colombie. C'est une condition qui ne leur laisse qu'une valeur d'utilisation en quelque sorte provisoire, sauf nouvel arrangement entre les parties intéressées, y compris le Gouvernement Colombien.

Les terrains reçus ou à recevoir ultérieurement font également retour à la Colombie si le Canal n'est pas terminé dans les délais fixés. Ils ne sont donc pas une

propriété assurée, mais une ressource conditionnelle qui peut devenir considérable, puisque la surface qui sera attribuée au Canal en cas d'achèvement sera de 500.000 hectares ; mais il est impossible de la chiffrer au moment d'une crise qui met tout en question.

Quant au volume des terrassements à utiliser sur le total des déblais portés en compte, la Commission n'a pu le chiffrer, même approximativement. Les biefs maritimes sont avancés ; des dérivations ont été creusées ; les tranchées sont attaquées partout plus ou moins profondément et, en somme, d'après les états fournis, le nombre des mètres cubes remués a été d'à peu près 56 millions qui, en tenant compte des frais spéciaux laissés à la charge de la Société, ont causé une dépense de 489 millions. Mais il y a eu des fausses manœuvres, dit-on ; une fraction importante des terrassements entrepris en vue de la construction du Canal à niveau n'ont plus la même utilité pour le Canal à écluses. Des accidents nombreux se sont produits, pour lesquels il est impossible de faire, après coup, la part de ce qui doit être attribué à l'imprévoyance et de ce qui est le résultat d'une disposition naturelle du terrain. Le temps enfin a fait son œuvre et le sol, tel qu'il est aujourd'hui, ne permet plus des recherches qui eussent été, en tout état de cause, fort difficiles au moment où les événements se produisaient.

Si l'on y joint les incertitudes qui proviennent d'une exécution due tantôt à de grands entrepreneurs, tantôt à des tâcherons, tantôt même à la régie, les complications qui naissent des résiliations consenties et qui ont

été transactionnelles, on comprendra comment la Commission a dû se renfermer dans la tâche, déjà bien lourde et qu'elle devait accomplir dans le moindre temps possible, de reconnaître ce qui restait à faire.

En somme, et pour fournir un renseignement qui doit être considéré simplement comme une appréciation intuitive, la Commission pense qu'en tenant compte de l'immense matériel qui est sur place et prêt à être utilisé, des nombreux établissements créés, des terrains reçus et à recevoir, des travaux faits, de l'expérience acquise, des approvisionnements et des études antérieures, ainsi que de la concession elle-même, l'apport de l'ancienne Société peut être envisagé comme équivalent à la moitié au moins de la dépense de 900 millions restant à faire.

Il est vrai que cet apport n'a de valeur réelle que si une nouvelle Société s'organise pour en profiter comme en aurait profité l'ancienne. Il se réduit, au contraire, à une valeur insignifiante si les travaux s'arrêtent, et c'est là ce qui rend la situation si difficile et si confuse pour les anciens souscripteurs.

Cette manière de voir cadre assez avec celle du Gouvernement Colombien, puisque, dans sa dépêche du 12 octobre 1886, M. le Ministre des Finances s'exprimait ainsi : « Considérant que des faits consignés dans  
« le mémoire ci-dessus et dans le rapport qui l'accom-  
« pagne, il résulte que les ouvrages exécutés pour  
« l'exécution du Canal Interocéanique représentent ac-  
« tuellement plus de la moitié des travaux qu'implique  
« la construction totale de ce Canal, et que, en consé-

« quence, la Compagnie universelle dudit Canal In-  
« terocéanique a acquis le droit parfait à ce qu'on lui  
« adjuge la moitié des terres libres mentionnées dans  
« l'article 4 de la loi de 1878. »

Or, dans son estimation, le Gouvernement Colombien  
faisait entrer, comme l'a fait la Commission, et plus  
encore qu'elle, les faux frais de l'œuvre, ainsi que l'éta-  
blit le passage suivant de la dépêche du 3 janvier 1884 :

« Qu'on informe le représentant de la Compagnie du  
« Canal et son délégué spécial que le pouvoir exécutif  
« est d'accord en ce que cette question, comme toutes  
« les questions qui naîtront de l'interprétation du con-  
« trat pour l'œuvre grandiose de l'excavation du canal,  
« doivent être traitées avec une grande élévation de  
« vues, en se rattachant plus à l'esprit qu'à la lettre du  
« traité; que, par conséquent, le Gouvernement admet  
« et estime comme travaux faits pour l'achèvement du  
« Canal, non seulement la quantité de terre remuée  
« ou de mètres cubes creusés pour l'ouverture dudit  
« Canal (ce qui serait conforme à la lettre du contrat,  
« mais non à la bonne foi avec laquelle il doit être  
« accompli) mais aussi le capital réuni pour terminer  
« l'entreprise, les études techniques et scientifiques  
« pour le tracé et l'exécution de l'œuvre, la formation  
« de la Compagnie, l'organisation des travaux, le  
« transport dans l'Isthme d'une grande partie des  
« machines et du matériel d'excavation, et la partie  
« déjà matériellement construite, et qu'après avoir pris  
« tout ceci en considération, le pouvoir exécutif déclare  
« que la Compagnie du Canal de Panama a droit à ce

« qu'on lui adjuge, suivant les termes dudit article 4,  
« 150.000 hectares comme l'équivalent d'un peu plus  
« du tiers de l'exécution de l'œuvre. »

Si le Gouvernement Colombien, sur le rapport de ses délégués, considérait comme au tiers accomplie en 1884, et à moitié en 1886, l'exécution du Canal à niveau, la proportion que la Commission adopte en 1890 pour le Canal à écluses n'a rien que de vraisemblable. Il y a moins de terrassements à faire que pour le Canal à niveau, mais il y a beaucoup de maçonneries en plus. Depuis 1886, de grands mouvements de terre ont été exécutés; mais, d'une part, il y en a eu d'inutiles; d'autre part, le cube total des déblais est, en raison de la nature des terrains, très supérieur aux prévisions du début et il n'est pas surprenant que, toute compensation faite, la situation soit un peu moins avancée et empirée par cette circonstance grave en plus que le temps a marché et que la déchéance est plus menaçante.

#### XIV

La Commission aurait été heureuse d'apporter des renseignements plus favorables et de confirmer les espérances qui avaient salué à son début cette grande entreprise du Canal Interocéanique.

Elle aurait voulu pouvoir dire qu'un nouvel effort en assurerait le succès et que, dans un délai rapproché, tous les sacrifices consentis trouveraient leur rémunération. Elle ne peut se dissimuler aujourd'hui que cet avenir doit se faire attendre longtemps et elle manque-

rait à son devoir si elle ne faisait pas connaître son opinion en toute sincérité.

Peut-être s'est-elle trompée ; peut-être a-t-elle été trop timide dans ses appréciations ; mais elle devait avant tout chercher à s'éclairer et dire la vérité telle qu'elle lui apparaissait.

Malgré son vif désir de voir l'horizon s'éclaircir, elle n'a pu se dispenser de reconnaître que le marché à desservir était actuellement moins vaste et moins assuré que celui du Canal de Suez, que les dépenses de premier établissement, ainsi que les charges annuelles, étaient beaucoup plus fortes et qu'enfin le tarif était supérieur et les facilités données aux navires moins grandes.

Dès lors, comment espérer remunérer à brève échéance le nouveau capital, tout en faisant une part convenable à l'ancien, lorsque, pour arriver à ce résultat, il faudrait, dès le début, obtenir un trafic que n'atteint pas encore le Canal de Suez après vingt ans d'exploitation ? Il y a là, malheureusement, des appréhensions si motivées qu'il est bien difficile d'y échapper.

Assurément, envisagée dans un avenir lointain, l'œuvre est digne de la faveur qui l'a accueillie au début, elle donnera sans doute au commerce du monde une impulsion nouvelle et féconde ; elle aura d'immenses résultats quand, grâce à elle, le temps aura transformé les relations et ouvert de nouveaux débouchés ; mais elle semble, comme délai d'attente, dépasser la mesure des spéculations d'intérêt privé.

Elle aurait besoin d'être soutenue et garantie pen-

dant la période où elle ne peut se suffire à elle-même, où l'avenir demeure, quoi que l'on fasse, incertain ; et où pourtant la confiance est le seul élément de succès.

Déjà cette pensée avait été émise au Congrès de 1879 et la Commission des voies et moyens avait discuté un vœu tendant à faire appel à la garantie de tous les gouvernements. Ce vœu aurait été ainsi formulé :

« Toutes les nations, sans exception, seront invitées  
« à favoriser l'œuvre et à faciliter l'exécution du Canal  
« Interocéanique, en assurant à la Compagnie conces-  
« sionnaire un minimum d'intérêt. La mesure de l'inter-  
« vention de chacune d'elles pourrait être déterminée,  
« par exemple, d'après l'importance actuelle de leur  
« trafic interocéanique, ou en prenant pour base  
« d'appréciation et d'arrangement telle autre indication  
« à convenir, qui concilie le plus complètement possible  
« les intérêts de la généralité. »

La proposition ne fut pas repoussée, mais elle ne fut pas considérée comme opportune. On pensa qu'au point de vue politique, il serait difficile d'amener un accord entre tous les gouvernements, non pas tant à propos de la taxe à leur imposer qu'en raison de la part respective d'influence qui pourrait en résulter, sur le régime d'une voie de communication dont la neutralité absolue devait être proclamée et maintenue. La conclusion, du reste, est à citer :

« Tout en reconnaissant :

« Que l'octroi d'une garantie d'intérêt ne constitue-  
« rait, d'une part, qu'une charge bien minime pour

« des États qui, dans leur ensemble, inscrivent chaque  
« année près de dix milliards à leur budget ;

« Que, d'autre part, en exonérant le Canal Inter-  
« océanique du service des intérêts, durant sa période  
« improductive, cette subvention préparerait la plus  
« prompte réalisation de l'abaissement du tarif ;

« La Commission a hésité . . . . .

« Toutes choses bien pesées, nous pensons qu'il y a  
« lieu de n'émettre *actuellement* aucun vœu relatif à  
« une garantie pécuniaire par les gouvernements.

« *Nous ne saurions engager l'avenir* ; mais, en tout  
« état de cause, la Commission croit devoir insister sur  
« ce point que, si un gouvernement quelconque se trou-  
« vait amené à prêter à l'entreprise un concours finan-  
« cier, sous quelque forme que ce puisse être, les  
« autres gouvernements intéressés devraient être  
« appelés à participer à cette opération dans une pro-  
« portion à déterminer, afin de conserver au Canal  
« Interocéanique son caractère universel et d'éviter  
« tout ce qui serait de nature à compromettre l'indé-  
« pendance et la neutralité de ce Canal. »

Or, au moment où elle formulait cette opinion, la Commission des voies et moyens, ainsi que l'établit le rapport officiel lu au Congrès le 27 mai 1879, pensait que la dépense de premier établissement serait de 750 millions de francs, que la durée du travail serait de huit ans, et que, dès la première année, le trafic atteindrait six millions de tonneaux. Si, dans ces conditions, elle hésitait, il est permis de penser qu'aujourd'hui

elle n'hésiterait plus et réclamerait cette mesure tutélaire qui serait le salut, si elle était réalisable.

Mais la question est plus politique que financière. Ainsi que l'a très justement fait observer la Commission du Congrès de 1879, la garantie d'intérêt du capital, quel qu'il soit d'ailleurs, ne constituerait qu'une charge très minime pour les budgets réunis des États maritimes. Ce concours puissant, en rétablissant la confiance, permettrait de sauvegarder les intérêts de ceux qu'on a si justement appelés les ouvriers de la première heure, et de donner au Canal lui-même toute l'ampleur que réclame une voie ouverte à toutes les nations du globe.

Cette conception est-elle un rêve? Des esprits sérieux la croient réalisable et, tant en Europe qu'en Amérique, elle a trouvé des partisans. Elle offre la meilleure solution des difficultés au milieu desquelles se débat une entreprise digne de l'intérêt du monde entier et l'effort à tenter en ce sens serait tout à l'honneur du Gouvernement qui en prendrait l'initiative.

RAPPORT TECHNIQUE

**CANAL INTEROCÉANIQUE  
DE PANAMA**

---

**Commission d'études instituée par le Liquidateur  
de la Compagnie universelle**

---

II

**RAPPORT TECHNIQUE**

**SUR LE CANAL A ÉCLUSES**



# RAPPORT TECHNIQUE

## SUR LE CANAL A ÉCLUSES

---

### EXPOSÉ

Le Canal à écluses, le seul que la Commission regarde comme réalisable dans des limites de dépenses admissibles et dans un délai compatible avec l'acte de concession, a fait, de sa part, l'objet d'une étude attentive et consciencieuse.

Dans cette étude, elle s'est inspirée des documents antérieurs mis à sa disposition par le Liquidateur, des renseignements recueillis dans les nombreuses dépositions qu'elle a entendues, enfin de ceux qui lui ont été apportés par la Délégation qui s'était rendue dans l'Isthme.

Toutefois, il ne pouvait entrer dans sa pensée d'arrêter un projet définitif d'exécution. Elle s'est bornée à tracer un programme général assez bien défini pour

ne laisser place, suivant elle, à aucun mécompte grave et susceptible de servir de base, dès à présent, à une estimation sérieuse, mais destiné à être complété ultérieurement par les études de détail qui devront précéder l'exécution et qui ne peuvent être utilement poursuivies que sur le terrain.

Même ainsi limitée, cette tâche était considérable. La Commission l'a abordée sans aucune attache avec le passé, sans idée préconçue, prête à prendre le bien partout où elle le trouvait. Mais, tout en rendant hommage aux idées ingénieuses qui lui ont été soumises et sans vouloir, en aucune façon, exclure la possibilité de réaliser quelques-unes d'entre elles, elle a cru devoir écarter toutes celles qui n'avaient pas encore reçu la sanction de la pratique. Quel que soit le mérite de certains de ces systèmes, quelle que soit l'autorité qui s'attache au nom de leurs auteurs, on ne saurait conseiller d'engager la fortune publique dans des expériences à la suite desquelles on risque de ne trouver que des mécomptes et des désillusions. Même avec des procédés usuels, la grandeur de l'œuvre soulève des problèmes nouveaux assez complexes pour qu'il n'y ait pas lieu d'aggraver encore ces difficultés, et la prudence doit être regardée comme une condition absolue de succès.

D'autres considérations devaient guider la Commission. Elle devait s'astreindre à réduire les dépenses au strict nécessaire, en laissant à l'avenir le soin d'apporter à son programme les compléments et améliorations dont la réalisation immédiate n'était pas indispensable. Néanmoins, il importait que le Canal fût capable de

desservir, dès le début, un trafic considérable; car ce n'est qu'à cette condition que les premiers capitaux engagés peuvent conserver l'espoir d'une rémunération. Enfin, il ne fallait pas perdre de vue le délai assigné par l'acte de concession à l'achèvement complet du Canal et la nécessité de respecter ce délai, sous peine de remettre en question le contrat original passé avec la Colombie.

C'est d'après ces considérations multiples et parfois contradictoires que la Commission a procédé à l'étude dont le présent rapport a pour but de rendre compte.

Considérée dans son ensemble, la solution à laquelle elle s'est arrêtée consiste dans l'adoption d'écluses de 8 à 11 mètres de chute, réparties en deux groupes du côté de l'Atlantique et en trois groupes sur le versant du Pacifique. Ces ouvrages sont tous accompagnés de barrages qui déterminent une succession de lacs étagés comme les écluses auxquelles ils se rattachent. Le lac supérieur sert, à la fois, à l'emmagasinement des eaux du Chagres et à l'alimentation directe du bief de partage, où le niveau de l'eau varie entre les cotes extrêmes de 34<sup>m</sup>,50 et de 37<sup>m</sup>,50. Les dérivations latérales du Chagres sont donc supprimées sur la plus grande partie du parcours et ne subsistent plus que le long du bief maritime en communication avec l'Atlantique.

Ce système exclut également toute alimentation par machines, puisque le bief de partage puise directement ses eaux dans le lac supérieur.

Quant aux écluses, chaque groupe se compose d'une

ou de deux écluses échelonnées à des niveaux différents, avec deux sas accolés.

Nous allons justifier cette solution et en indiquer les principales dispositions. Bien que toutes les parties du programme soient dans une certaine mesure solidaires, nous examinerons successivement pour plus de clarté :

- 1° Le tracé en plan et le profil longitudinal ;
- 2° Les profils en travers types et les terrassements ;
- 3° L'alimentation de la voie navigable ;
- 4° L'aménagement des eaux du Chagres ;
- 5° Les ouvrages d'art ;
- 6° Le mode et les délais d'exécution ;
- 7° L'évaluation des dépenses.

## CHAPITRE PREMIER

### *Tracé en plan et profil longitudinal (1)*

Le tracé du Canal à niveau est maintenu sans changement ; les travaux déjà faits imposent cette obligation sur laquelle il est inutile d'insister et qui, du reste, n'a jamais été contestée.

Mais, dans l'hypothèse du Canal à écluses, le profil en long primitif est profondément modifié. Au lieu de conserver un niveau constant, les diverses sections du

(1) Dans ce chapitre et les suivants, la droite et la gauche sont toujours rapportées à l'axe du Canal dans la direction de Colon à Panama, quel que soit le sens de l'écoulement des eaux.

Canal se relèvent successivement sur chacun des deux versants de la Cordillère, de manière à permettre de diminuer les terrassements et notamment la profondeur de la grande tranchée à ouvrir dans le massif central de la Culebra. C'est donc la détermination du bief supérieur qui commande toute l'étude du profil.

A ne considérer que la réduction du cube des terrassements, il y aurait un avantage évident à placer ce bief le plus haut possible. Mais il faut tenir compte des difficultés d'alimentation qui augmentent considérablement, si même elles ne deviennent pas insolubles, à un niveau aussi élevé que celui qui était assigné à ce bief dans le projet de Canal provisoire à écluses de l'ancienne Compagnie (cote 49).

A cette cote, l'alimentation directe au moyen d'un lac ou réservoir supérieur est à peu près impraticable. On serait, en effet, conduit à construire, soit des digues en terre, soit un mur d'une hauteur excessive. Avec les soins et les précautions qu'on pourrait y apporter en France, un pareil ouvrage ne serait peut-être pas irréalisable. Mais, dans l'Isthme de Panama, avec l'aléa que présente presque partout le sol de fondation, avec l'incertitude qui plane sur la bonne confection des maçonneries, avec le danger des mouvements souterrains, on ne saurait faire reposer l'existence du Canal sur un ouvrage d'un caractère aussi exceptionnel. Il faut donc, de toute nécessité, maintenir dans des limites plus restreintes la hauteur de la retenue destinée à alimenter le bief supérieur.

D'autre part, on ne peut espérer obtenir cette ali-

mentation par une rigole dérivée du haut Chagres. Cette rigole devrait avoir une longueur de plusieurs kilomètres dans une région à peine explorée et sillonnée par des cours d'eau profondément encaissés ; elle exigerait d'ailleurs, au même titre, la création d'une retenue de grande hauteur, qui serait encore plus difficile à constituer, parce qu'on serait plus loin du chemin de fer, sans moyens d'accès et en dehors de toutes les installations existantes.

Quant aux machines élévatoires, la Commission ne conteste pas les avantages qu'elles offrent en France dans quelques cas particuliers où leur emploi était commandé par des circonstances locales. Mais elles laissent toujours subsister un aléa dangereux pour la sécurité et la permanence des transports ; elles sont dépourvues de toute élasticité dans le cas où un motif quelconque entraîne une plus forte consommation d'eau ; enfin, elles exigent un personnel spécial dont le recrutement est aussi difficile que la surveillance. Si ces inconvénients se font sentir en France, à plus forte raison doit-on les redouter dans l'Isthme où les machines auraient à élever un volume d'eau beaucoup plus considérable, sans qu'on eût aucun moyen de remédier à l'insuffisance éventuelle de cet outillage. On pourrait, à la rigueur, y avoir recours, s'il ne s'agissait que de fournir au Canal un appoint limité ; mais la Commission a été unanime à exclure ce procédé comme mode unique d'alimentation du bief de partage.

C'est ainsi qu'elle a été conduite à fixer la tenue normale de ce bief à la cote 34,50 ; si l'on y admet une

amplitude de 3 mètres pour les oscillations inévitables du lac supérieur, les eaux pourront atteindre la cote 37,50 et c'est entre ces deux cotes extrêmes que variera le niveau de l'eau.

La crête des barrages qui maintiendront ce lac devra être arasée à la cote 39 et leur parapet à la cote 40, hauteur qui paraît admissible, mais qui constitue un maximum dangereux à dépasser.

Le plafond réglé dans la tranchée de la Culebra à 9 mètres en dessous de la retenue, sera, par suite, à la cote 25,50. Dans ces conditions, le cube restant à faire dans cette tranchée représente approximativement 8.350.000<sup>m<sup>3</sup></sup> (1). A raison de 1.200.000 par an, chiffre que l'expérience acquise ne permet guère de voir dépasser et qui ne sera peut-être même pas atteint dans la partie basse de la tranchée, il faudra environ sept années pour achever le travail; le délai restant à courir étant de huit ans, on pourra donc arriver avant l'expiration de ce délai, mais il n'y aura pas de temps à perdre.

En résumé, la cote adoptée constitue à peu près un maximum, eu égard à l'alimentation, et doit être regardée comme un minimum pour les terrassements. Sans y attacher un caractère trop absolu, la Commission estime que, pour concilier ces exigences contradictoires, on ne peut guère s'en écarter.

Le bief de partage ainsi déterminé, voyons quel sera l'étagement sur chacun des versants.

Du côté de l'Atlantique, on rencontre deux promon-

(1) mc. — Mètres cubes. — mq. — mètres carrés.

toires rocheux, propres à la construction d'écluses et de barrages transversaux, l'un à Bohio Soldado, l'autre à San Pablo.

Quelque séduisante que soit l'idée d'établir au premier de ces deux emplacements un barrage unique, relevant les eaux à la cote du bief supérieur, la Commission n'a pu l'adopter. L'inondation s'étendrait dans des régions encore inexplorées et il n'y a pas de limite certaine à lui assigner. La déviation du Panama-Rail-Road, qu'il sera nécessaire d'effectuer sur la rive gauche du Canal, de Bohio à Paraiso, deviendrait, en outre, dans cette hypothèse absolument problématique.

Cependant, il est indispensable d'avoir un barrage à Bohio; car c'est seulement là qu'on peut opérer de nouveau la séparation des eaux du Chagres et de celles du Canal sur toute l'étendue du bief maritime. On est ainsi amené à donner à ce barrage une moindre hauteur et à recourir, pour élever les eaux au niveau du bief de partage, à un second barrage à San Pablo où la disposition des lieux se prête à la juxtaposition de cet ouvrage et de l'écluse, en même temps que des cols latéraux permettent l'établissement de déversoirs.

On aura donc deux lacs superposés, déterminés le premier par la retenue de Bohio Soldado, le second par celle de San Pablo.

La hauteur normale de la première retenue sera fixée à la cote 15 et atteindra, avec un jeu possible de 1<sup>m</sup> ou de 1<sup>m</sup>50, la cote 16 ou 16,50. La hauteur de la seconde sera celle du bief de partage, telle qu'elle vient d'être définie ci-dessus.

Une échelle de deux écluses, de 8 mètres de hauteur de chute chacune, servira à franchir le barrage de Bohio Soldado. Une seconde échelle permettra d'atteindre avec deux autres écluses le bief supérieur : la dénivellation la plus forte produite par les oscillations du plan d'eau étant de 22 mètres à San Pablo, la chute maxima de chacune de ces deux dernières sera de 11 mètres.

Malgré la défaveur qui s'attache généralement aux écluses échelonnées, la Commission n'a pas cru devoir dépasser ces hauteurs de chute. Sans parler des difficultés de construction qu'entraîneraient des écluses d'une chute supérieure, ce qu'elle a surtout redouté, ce sont les retards qui en résulteraient dans la durée du passage des navires et par suite la réduction qui en serait la conséquence dans la capacité de trafic du Canal. Dans le chapitre spécial aux écluses, nous cherchons à déterminer cette durée; il nous suffit, quant à présent, de constater que la Commission ne saurait l'évaluer, pour des écluses de 8<sup>m</sup> et de 11<sup>m</sup>, à moins d'une heure et demie.

Si même elle a accepté cette hauteur qui dépasse déjà les plus fortes connues, ce n'est pas par suite d'une préférence spéciale; c'est uniquement en raison du matériel antérieurement approvisionné dans l'Isthme par l'entreprise Eiffel et de la convenance de chercher à l'utiliser autant que possible.

En adoptant cette disposition, elle a jugé nécessaire, pour permettre de donner au trafic le développement qui peut le rendre rémunérateur, de doubler les écluses au moyen de deux sas accolés, de sorte qu'il existera

deux passages, l'un pour les bateaux montants, l'autre pour les bateaux descendants, ou même susceptibles d'être affectés, en cas d'encombrement, aux bateaux marchant dans le même sens.

Dans ces conditions, les échelles d'écluses ne sauraient présenter d'inconvénients; elles ne restreignent pas la capacité de trafic du Canal, ce qui est le but essentiel à atteindre; elles n'imposent même pas plus de sujétions aux bateaux que des écluses isolées de même chute, qui exigeraient deux manœuvres au lieu d'une seule et pourraient en outre conduire à avoir des biefs trop courts.

Telles sont les dispositions adoptées du côté de l'Atlantique; celles de l'autre versant sont, sinon identiques, du moins tout à fait analogues.

A son autre extrémité, vers Paraiso, le bief de partage sera limité par une échelle composée de deux écluses de 11<sup>m</sup> de chute chacune, qui ne seront que la reproduction de celles de San Pablo et auxquelles sera accolé un barrage transversal de faible hauteur dans la vallée du Rio Grande.

Mais les deux écluses inférieures, au lieu d'être réunies comme à Bohio Soldado, seront dédoublées: l'une d'elles, de 8<sup>m</sup> de chute, sera établie à Pedro Miguel; l'autre, à Miraflores, remplacera l'écluse de marée et sa chute, en basses mers. atteindra 11<sup>m</sup>. Ces dernières comporteront d'ailleurs, comme toutes les autres, deux sas accolés.

La solution recommandée par la Commission comporte donc, sur chaque versant, quatre écluses, tantôt

groupées deux à deux, tantôt isolées, mais toutes pourvues d'un double sas. Elles déterminent des lacs d'étendue variable, qui suivent le même étagement et que sépare, comme un long couloir de 8 kilomètres, la tranchée du faite dans les massifs d'Emperador et de la Culebra.

Cette solution permet de supprimer les digues longitudinales, dont l'établissement eût été nécessaire dans les parties où le niveau de l'eau dépasse le sol naturel, et eût entraîné des difficultés d'exécution à peu près insurmontables. Dans la traversée des lacs, elle est éminemment favorable à la navigation qui y trouvera des garages et des croisements toujours assurés. Par la création d'une vaste réserve au niveau du bief de partage, elle résout le problème de l'alimentation d'une manière à peu près certaine. Enfin, comme nous le verrons plus loin, elle offre, pour l'aménagement des eaux du Chagres, une sécurité et une élasticité que l'on était loin de trouver dans les dérivations latérales primitivement projetées.

Présentée sous des formes diverses par les auteurs de plusieurs des projets soumis à la Commission, cette idée paraît rationnelle. Nous devons toutefois ajouter que, si elle n'a jamais été appliquée sur une échelle aussi vaste, elle ne constitue pas pour cela une innovation. L'emploi de digues transversales barrant un vallon dans lequel est tracé un canal, et déterminant une suite d'étangs étagés comme les retenues de ces écluses, est aussi ancien que la construction des canaux ; on en trouve en France de nombreux exemples et, récemment

encore, on y a eu recours dans la traversée des Vosges par le Canal de l'Est. Ici, seulement, l'échelle s'agrandit, comme tout ce qui touche aux travaux du Canal de Panama; les chutes s'élèvent de 2<sup>m</sup>,50 ou 3 mètres à 8 ou 11 mètres, les ruisseaux se changent en cours d'eau impétueux, les barrages de retenue s'augmentent dans la même proportion. Mais, en somme, le principe n'a rien de nouveau; il est sanctionné par la pratique et la Commission a pu l'adopter, sans se départir de la prudence qu'elle s'était imposée comme point de départ de ses études.

## CHAPITRE II

### *Profils en travers types et terrassements*

En dehors des lacs, le profil en travers type adopté par la Commission diffère peu de celui qui a été mis à exécution par l'ancienne Compagnie. Il répond aux prescriptions de l'acte de concession, aux exigences de la navigation, et il y avait intérêt à s'en écarter le moins possible pour ne pas avoir à remanier les travaux qui seraient susceptibles d'être conservés dans le Canal à écluses.

La Commission a donc maintenu une largeur de 22 mètres au plafond, mesurée à la profondeur normale de 8<sup>m</sup>,50.

Toutefois, elle a jugé utile de donner à la cuvette un

approfondissement de 0<sup>m</sup>,50 en dessous du plafond normal ; mais ce surcroît de profondeur n'est pas destiné à augmenter le mouillage, qui reste limité par les seuils fixes des écluses à 8<sup>m</sup>,50. Il a seulement pour but de remédier au relèvement accidentel du fond et ne constitue qu'une simple mesure de précaution, propre à assurer en tout temps, malgré les vases qui viendraient à se déposer ou les apports dus à la corrosion des talus, le mouillage réglementaire de 8<sup>m</sup>,50. Il sera d'ailleurs obtenu par un simple prolongement des talus sans nouvel élargissement, de telle sorte qu'il n'y aura pas lieu de modifier les talus actuels dans le bief maritime, qui est à peu près achevé du côté de l'Atlantique et qui pourra être conservé, sauf un léger approfondissement de la cuvette.

Ces points arrêtés, il reste à fixer l'inclinaison des talus ; c'est la question la plus délicate de celles que soulève l'étude des profils du Canal.

A ce point de vue, la grande tranchée de la Culebra, au moyen de laquelle le Canal franchit le faite de la chaîne de la Cordillère, présente une importance tout à fait exceptionnelle. Sa longueur est de 1.800 mètres et sa hauteur maxima qui, dans le Canal à niveau, atteignait 101<sup>m</sup>,50 sur l'axe, sera encore, dans le Canal à écluses proposé par la Commission, de 76 mètres, hauteur de beaucoup supérieure à celle de nos plus grandes tranchées de chemins de fer et dont il n'existe pas d'exemple à notre connaissance.

Cette tranchée doit être ouverte dans des couches argileuses diverses, d'une consistance variable, qui ont

déjà donné lieu à des éboulements inquiétants pour la continuation de l'œuvre.

Ces éboulements paraissent avoir été occasionnés par des causes multiples. La nature argileuse du terrain, la disposition des couches, des attaques prématurées au pied des talus, peut-être obligées eu égard au temps dont on disposait et à l'importance du cube à enlever, semblent en avoir été les causes déterminantes. On a, en outre, aggravé la situation en chargeant, par des dépôts, les flancs du cerro et en ne prenant aucune précaution, même élémentaire, en vue de l'écoulement des eaux. On conçoit donc que des mouvements importants se soient produits, dès l'origine des travaux, dans ces argiles amollies par les eaux d'infiltration, reposant sur des surfaces déclives, chargées du poids de remblais et manquant, à leur base, de leur point d'appui naturel. L'éboulement le plus récent, celui qui aboutit à l'emplacement de l'écluse n° 6 du Canal provisoire à écluses de l'ancienne Société et qui remonte seulement au mois d'août 1889, est tout à fait indépendant du grand éboulement de la Cucaracha dont il est séparé par le prolongement du cerro Cucaracha ; il paraît uniquement dû à l'accumulation des eaux à l'amont du remblai du chemin de fer, à la suite de l'obstruction de la voie d'écoulement par des dépôts.

Il en est de même pour l'éboulement des décharges de Cucaracha au droit de la station de ce nom. Le vallon dans lequel se réunissent les eaux de plusieurs ruisseaux, avait été complètement barré au fond, sans qu'aucun écoulement eût été ménagé. Quand les eaux ainsi

retenues se sont infiltrées dans les remblais en quantité suffisante, tout est parti en masse et il ne pouvait en être autrement.

Malheureusement, les entrepreneurs n'avaient aucun intérêt à arrêter les éboulements dans lesquels ils trouvaient, sans déplacement de matériel, une mine inépuisable de déblais ameublis, et le personnel technique n'était pas armé pour leur imposer l'exécution des travaux d'assainissement, même les plus indispensables. Aussi rien n'a été fait pour améliorer la situation avant la liquidation des entreprises ; c'est seulement au mois d'Août 1889 qu'on a tenté un premier travail superficiel d'assainissement très incomplet, mais qui paraît avoir eu une certaine efficacité, puisque les mouvements constatés à cette époque se sont dès lors arrêtés.

Avant toute reprise des terrassements, il y aura lieu de compléter cet assainissement. En parlant ci-après du mode d'exécution des travaux, nous indiquons comment il conviendrait, dans l'opinion de la Commission, d'y procéder. Pour le moment, nous nous bornons à en constater l'absolue nécessité.

Grâce à ces mesures de précaution, on peut espérer, mais sans être à même de l'affirmer, qu'un nouvel équilibre s'établira et que le mouvement ne s'aggraverá pas. Des ouvrages de consolidation, perrés, murs de soutènement, outre qu'ils seraient très dispendieux, seraient absolument impuissants à maintenir de pareilles masses ; le cube peut en être évalué approximativement à 1.000.000<sup>m<sup>o</sup></sup>, côté de l'Atlantique, sur 7 hectares 5 de superficie, et à 680.000<sup>m<sup>o</sup></sup>, côté du Pacifique, sur

4 hectares 2, déduction faite de la partie comprise dans la section du Canal à écluses.

Si ces moyens préventifs ne réussissent pas entièrement, les mouvements continueront d'une manière plus ou moins marquée dans la saison pluvieuse. Ils s'arrêtent d'ailleurs d'eux-mêmes, pendant la saison sèche, quand une excavation sensible n'est pas faite au pied du talus, ce qui met en évidence l'influence des eaux d'infiltration.

Tout en cherchant à y remédier dans la mesure du possible, il faut donc ménager, en dessous de la surface de glissement, des banquettes suffisantes pour la circulation de trains de terrassements ; on pourra ainsi lutter pied à pied contre ces mouvements, sans que la navigabilité du canal puisse être compromise.

Ces mouvements sont, en effet, limités aux couches supérieures qui, seules, affectent le caractère d'argiles fluentes, sur une hauteur moyenne d'une vingtaine de mètres. En dessous, les couches sédimentaires en place ont déjà été reconnues sur 30 mètres de profondeur dans toute l'étendue de la Culebra. Ceux des membres de la Commission qui se sont rendus dans l'Isthme en ont constaté la présence et n'ont rien vu, en l'état actuel, qui, de ce chef, fût de nature à inspirer des inquiétudes sérieuses. Toutefois, il y a lieu de faire une réserve en ce qui concerne la partie de la tranchée de la Culebra correspondant au point où le Canal se rapproche le plus du cerro Culebra. Les craintes que l'on doit concevoir à ce sujet proviennent de ce qu'on ignore quelle influence a exercé le pointement basaltique du cerro sur les

couches sédimentaires antérieures à son apparition, et à quelle distance s'est propagé le mouvement des couches. Il y a donc, de ce fait, un aléa qu'il ne faut pas perdre de vue.

Cette réserve faite, il est certain que la séparation entre les couches superficielles détritiques, où se sont produits les éboulements signalés ci-dessus, et les couches sédimentaires inférieures, où les terrassements paraissent devoir s'effectuer sans danger, est nettement tranchée ; sur le terrain actuel, rive gauche, elle est, il est vrai, peu visible à cause des travaux exécutés pour la pose des voies ; mais, sur la rive droite, on a déjà décapé et entamé la roche volcanique.

C'est sur ces données que la Commission a établi le profil de la tranchée de la Culebra.

Elle prévoit d'abord, comme il vient d'être dit, une large banquette de 11 mètres, qui sera ménagée à la limite de séparation des terrains en mouvement et des terrains en place, c'est-à-dire vers la cote 60 du côté du Pacifique et 80 du côté de l'Atlantique.

Au-dessus de cette banquette, au droit des éboulements surtout, les inclinaisons doivent être adoucies. La Délégation envoyée dans l'Isthme a constaté, à plusieurs reprises, que les terrains similaires se maintiennent bien sous des angles maxima de 35 degrés, soit  $3/2$  environ (3 de base pour 2 de hauteur). Il est vrai que tout ce terrain est ameubli par le fait même du mouvement et que, par suite, il faut compter sur des inclinaisons un peu plus douces ; mais, d'autre part, le mouvement est trop profond, il est dû à des causes trop inhérentes à

la constitution même du terrain pour qu'un adoucissement exagéré des talus extérieurs puisse être regardé comme un remède efficace. En s'inspirant plus spécialement de l'une ou de l'autre de ces considérations, on est conduit au talus de  $3/2$  ou de  $2/1$ . C'est entre ces deux limites peu éloignées que l'on devra se renfermer, en ayant égard à ce fait que, du côté de l'Atlantique, la nature du terrain est meilleure que sur le Pacifique.

En dessous de cette banquette, les talus seront réglés avec une inclinaison moyenne de  $45^\circ$ . Une seconde banquette sera en outre ménagée sur chaque rive, à 3 mètres au-dessus du niveau minimum de l'eau dans le bief de partage, c'est-à-dire précisément à la hauteur maxima de la retenue, puisque les oscillations du plan d'eau sont supposées devoir y atteindre 3 mètres d'amplitude.

Mais les éboulements devant être retenus par les banquettes supérieures, celles qui sont prévues dans le bas de la tranchée pourront avoir des dimensions plus restreintes. Après une discussion approfondie, la Commission leur a attribué 5 mètres de largeur sur la rive gauche, et seulement 3 mètres sur l'autre rive où la tranchée est appuyée contre une montagne solide et où il n'y a aucun danger à redouter.

La première recevra une voie, au moyen de laquelle on assurera le service d'entretien et on amènera au besoin les appareils nécessaires pour relever les navires en cas d'échouage ou d'accident. La seconde servira de marche-pied et pourra, s'il y a lieu, concourir au même but que la précédente.

Il serait certainement désirable d'élargir davantage ces banquettes inférieures; des considérations d'économie ont seules arrêté la Commission; chaque mètre d'élargissement exige environ 100.000 mètres cubes de terrassements et représente par suite un surcroît de dépense d'un million. La Commission a donc dû les restreindre au strict nécessaire.

Ces banquettes recevront, en outre, les eaux superficielles qui descendront des talus; pour leur donner un écoulement, on ménagera au pied du talus, dans tous les endroits où la nécessité en sera reconnue, un caniveau dont on prendra la largeur sur celle des banquettes et d'où les eaux se rendront dans la cuvette du Canal.

Enfin, entre les banquettes supérieure et inférieure devront être ménagées quelques banquettes intermédiaires, de manière à découper les talus par zones d'une quinzaine de mètres de hauteur verticale. Mais la Commission se borne à signaler l'utilité de cette disposition, sans se prononcer sur le nombre et la dimension de ces banquettes dont l'emplacement ne pourra être déterminé qu'en cours d'exécution, suivant la nature et la consistance des couches sur lesquelles il sera utile de les asseoir. Il ne s'agit d'ailleurs, dans son opinion, que de banquettes d'environ 2 mètres de largeur, sur lesquelles on puisse placer une voie étroite et qui ne devront pas modifier l'inclinaison moyenne de  $45^{\circ}$ , assignée à l'ensemble des talus en dessous des banquettes supérieures.

La même inclinaison se continuera dans l'intérieur

de la cuvette. La Commission s'est demandé s'il ne valait pas mieux établir cette cuvette entre murs maçonnés verticaux ou avec un léger fruit, pour diminuer le cube des terrassements. Mais une évaluation comparative l'a amenée à reconnaître que, malgré l'économie réalisée sur les terrassements, il en résulterait, tous comptes faits, une augmentation de dépense fort importante. La confection d'un cube considérable de maçonnerie, qui ne pourrait être entrepris qu'au dernier moment après l'achèvement presque complet des terrassements, risquerait en outre de devenir une cause de retard. Enfin, la réduction de la section mouillée apporterait une gêne regrettable au passage de la batellerie ; la section qui résulte du profil adopté avec 22 mètres de largeur au plafond et des talus à  $45^{\circ}$  paraît un minimum et, dans l'intérêt même de la navigation, il ne serait pas prudent de la réduire davantage. Tout concourt donc à faire écarter cette solution, et il y a lieu de maintenir sans hésitation des talus inclinés en terre jusqu'au plafond du Canal.

Mais alors se pose, à un autre point de vue, une grave question. On peut concevoir quelques doutes sur la manière dont les navires se comporteront dans ce passage rétréci. Les talus seront ouverts dans des couches de résistance différente, dont les unes seront attaquées ou délitées par les eaux, tandis que les autres, plus dures, formeront saillie. Il est donc à craindre d'avoir sous l'eau une paroi très fruste, parfois même à angles aigus, sur laquelle un navire pourrait éprouver les avaries les plus sérieuses, s'il venait à toucher dans une embardée.

Cette observation conduit à croire qu'un revêtement maçonné s'imposera sur les talus, sinon dans toute l'étendue de la cuvette, du moins dans les parties où ce danger serait à redouter. En raison de l'incertitude qui règne sur la présence et la position des roches susceptibles d'être rencontrées dans le fond de la tranchée, la Commission n'a pas cru possible de déterminer, dès à présent, les parties à revêtir et d'évaluer la dépense à laquelle donnera lieu ce travail. Mais elle a fait entrer cette considération dans la fixation de la somme à valoir, qu'elle a portée à un chiffre assez élevé pour tenir compte de cette éventualité.

La même observation s'applique d'ailleurs à toutes les tranchées ouvertes dans des terrains de consistance variable où l'on est exposé à voir poindre le rocher et, si nous la formulons ici à l'occasion de la Culebra, elle n'en présente pas moins un caractère de généralité sur lequel la Commission croit devoir appeler l'attention la plus sérieuse des futurs exécutants.

Nous avons dû nous étendre avec quelques développements sur cette tranchée, parce qu'elle domine, par son importance, toute l'exécution des terrassements et commande l'achèvement du canal. L'impression qui se dégage de l'étude faite sur les lieux par la Délégation qui s'y est rendue est en somme plus rassurante que n'avaient pu le faire croire des éboulements importants et des renseignements trop pessimistes. Sans doute, on ne saurait donner à cet égard une certitude absolue ; il reste même encore bien des aléas ; mais, autant qu'on peut en juger, l'exécution de cette tranchée ne semble

présenter aucun obstacle insurmontable, si l'opération est conduite avec la prudence et les précautions nécessaires.

Le surplus des terrassements est loin de donner lieu aux mêmes difficultés. Dans la tranchée d'Emperador qui précède celle de la Culebra, du côté de l'Atlantique, et qui complète avec elle la traversée du massif central, il n'y a rien à craindre ; la tranchée a beaucoup moins de hauteur, les terrains sont plus réguliers, et les talus seront réglés avec une inclinaison moyenne de  $45^{\circ}$ , tant en dessus qu'en dessous de la banquette unique de 3 mètres de largeur, qui sera établie sur chaque rive à la même hauteur et dans le prolongement de la banquette inférieure de la Culebra. Il est bien entendu d'ailleurs que ce n'est pas une inclinaison uniforme à adopter invariablement sans discernement, mais seulement une moyenne et une base rationnelle pour le calcul des terrassements.

En dehors de ces deux grandes tranchées et abstraction faite des parties rocheuses, la Commission estime que les talus de la cuvette devront être réglés avec une inclinaison qui ne descendra pas au-dessous :

— De  $2/1$  (2 de base pour 1 de hauteur) dans le bief maritime du côté de l'Atlantique,

— De  $5/1$  (5 de base pour 1 de hauteur) dans le bief maritime du côté du Pacifique, où la nature vaseuse du sol exige des talus très adoucis,

— De  $3/2$  en moyenne (3 de base pour 2 de hauteur) sur le surplus du parcours entre les biefs maritimes et le massif central.

Dans toutes les parties du Canal où l'inclinaison des talus varie entre  $2/1$  et  $3/2$ , la Commission croit, en outre, utile de ménager sur chaque rive, à peu près au niveau de l'eau, une banquette de flottaison sur laquelle la lame pourra s'étaler et qui préviendra les corrosions. Sans doute, l'addition de cette banquette exigera un certain cube de terrassements ; mais il vaut mieux l'enlever immédiatement que d'avoir ensuite à le retirer sous la forme de dragage d'entretien. Cette banquette et la partie supérieure des talus seront elles-mêmes protégées par la végétation qui, sous le climat de l'Isthme, se développe rapidement ; au besoin, on suppléera à cette végétation ou l'on en complétera les effets au moyen de défenses de rives, comme il en existe à Suez et comme on compte en établir à Tunis, formées par de simples piquets reliés par des madriers ou des clayonnages qui dessinent la crête extérieure des banquettes.

C'est d'ailleurs surtout dans le bief maritime du côté de l'Atlantique que ces banquettes de flottaison sont appelées à trouver leur application ; dans le bief maritime du Pacifique, les talus seront réglés avec une inclinaison assez douce pour rendre cette addition inutile ; dans le massif central, on adoptera les profils spéciaux que nous avons fait connaître et qui ne comportent que des banquettes supérieures au niveau de l'eau ; enfin, entre ces biefs extrêmes, la présence des lacs réduira les banquettes de flottaison à une faible étendue.

Ces profils, tels qu'ils viennent d'être définis, ne com-

prennent, en dehors des lacs, qu'une seule voie de bateau. Dans les grandes tranchées du massif central, on ne peut songer à la doubler, sous peine d'augmenter la dépense dans des proportions qui rendraient l'entreprise absolument irréalisable. Mais, dans les biefs maritimes, il serait certainement très avantageux d'avoir une double voie ; l'exemple du Canal de Suez, celui du Canal d'Amsterdam, en fournissent la preuve irrécusable.

Bien qu'il ne s'agisse pas ici d'une opération comparable à celle de l'élargissement des tranchées de la Cordillère, la Commission a reculé devant cette augmentation, limitant, suivant le programme qu'elle s'était imposé dès le début, les dépenses au strict nécessaire pour assurer un large trafic et laissant à l'avenir le soin de réaliser les améliorations ultérieures, au premier rang desquelles elle place la mise à double voie des biefs maritimes, de manière à réduire autant que possible la longueur du parcours à simple voie.

Mais, par contre, ce système exige inévitablement l'exécution immédiate des garages nécessaires pour assurer le croisement des bateaux.

A cet effet, la Commission estime qu'indépendamment des bassins à ouvrir à Colon et à Panama, il y a lieu de faire deux garages de 60 mètres de largeur sur 400 mètres de longueur chacun, au pied des écluses extrêmes de chaque versant, c'est-à-dire à l'aval des écluses de Bohio Soldado et de Miraflorès. Dans la partie intermédiaire, les lacs forment de vastes bassins où pourront se croiser les bateaux. De plus, on prati-

quera aux abords de chaque écluse, tant à l'amont qu'à l'aval, un élargissement de 60 mètres sur 200 mètres de longueur, de manière à laisser libres l'entrée et la sortie de chacun des sas. Enfin, dans le bief maritime de l'Atlantique, dont la longueur atteint 24 kilomètres à simple voie, on ménagera vers le milieu, au kilomètre 10, un garage de même largeur que les précédents et de 400 mètres de longueur utile.

Avec ces dispositions et sous la condition d'une réglementation stricte du Canal, réglementation qu'impose d'ailleurs la coupure rétrécie de la Cordillère, on pourra, soit diriger tous les bateaux dans le même sens, quand les circonstances l'exigeront, en profitant des deux sas, soit les alterner, quand il le faudra, en plaçant les croisements dans les garages ou dans les écluses elles-mêmes.

Calculé sur ces bases, le cube approximatif des terrassements restant à faire peut s'évaluer ainsi qu'il suit :

*A. — Corps du Canal, non compris les écluses.*

Bief maritime du côté de l'Atlantique.....	4.510.000 <sup>m<sup>3</sup></sup>
Éboulements et apports à enlever dans la partie déjà creusée de ce bief.....	2.000.000
De l'écluse de Bohio Soldado à la tranchée d'Emperador.....	900.000
Tranchée d'Emperador.....	7.300.000
Tranchée de la Culebra.....	8.350.000
De la tranchée de la Culebra à l'écluse de Miraflores.....	2.660.000
Bief maritime du côté du Pacifique.....	7.350.000

---

33.070.000<sup>m<sup>3</sup></sup>

*B. — Fouilles des écluses.*

	Report.....	33.070.000 <sup>mc</sup>
Bohio Soldado.....	570.000 <sup>mc</sup>	
San Pablo.....	330.000	
Paraiso.....	550.000	
Pedro Miguel.....	340.000	
Miraflorès.....	200.000	
	<hr/>	1.990.000 <sup>mc</sup>

*C. — Bassins et garages.*

Chenal d'entrée à Colon.....	900.000	
Bassin de Colon.....	2.070.000	
Garages dans le Canal.....	1.280.000	
Bassin de Panama.....	1.600.000	
	<hr/>	5.850.000 <sup>mc</sup>

*D. — Dérivation du Chagres en aval de Bohio.*

Rive gauche.....	280.000 <sup>mc</sup>	
Rive droite.....	1.210.000	
	<hr/>	1.490.000 <sup>mc</sup>
	Total général.....	<hr/> <hr/> 42.400.000 <sup>mc</sup>

Il y a donc lieu de compter sur un cube total de 42.400.000<sup>mc</sup> restant à faire, y compris les travaux prévus à Colon et à Panama dont il est rendu compte dans un autre rapport.

### CHAPITRE III

*Alimentation de la voie navigable*

La question de l'alimentation se trouve simplifiée dans une large mesure par la création d'un lac supérieur dont fait partie le bief de partage.

Il importe cependant de se rendre compte des besoins de l'alimentation et des ressources disponibles.

La consommation du bief de partage, la seule dont il y ait lieu de se préoccuper, comprend :

- 1° Le volume des éclusées ;
- 2° Les pertes par les portes des écluses ;
- 3° Les pertes par évaporation et infiltration ;
- 4° Les pertes par fausses manœuvres, échouages, etc.

*Éclusées.* — Les écluses auront 20 mètres de largeur et 180 mètres de longueur utile, soit 215 mètres entre les portes ; nous justifierons plus loin ces dimensions ; nous nous bornons ici à les adopter comme élément de calcul.

Nous avons vu, d'autre part, que la chute des écluses qui limitent le bief de partage est de 11 mètres.

Le volume total de chaque éclusée sera donc approximativement, y compris les parties correspondantes au mur de chute d'amont et à la chambre des portes d'aval, de :

$$20 \times 215 \times 11 = 47.300^{\text{m}^3}.$$

Or, si l'on raisonne sur le tonnage moyen du Canal de Suez pendant les quatre années 1885, 1886, 1887 et 1888, soit 6.160.000 tonneaux, et sur 320 jours de navigation par an, le nombre des éclusées à prendre chaque jour dans le bief de partage, à raison d'un tonnage moyen de 1853 tonneaux (1) par bateau, égal à celui des navires qui ont transité à Suez pendant la même période, sera de :

$$6.160.000 : 320 : 1853 = 11.$$

(1) Le tonnage est compté comme à Suez. — Voir le rapport n° V sur l'étude du trafic.

Si l'on prend le tonnage de 7.250.000 tonneaux, primitivement attribué au Canal de Panama, ce nombre sera porté à :

$$7.250.000 : 320 : 1853 = 13.$$

Quelque exagérée que paraisse cette dernière évaluation, nous l'adoptons comme base du calcul d'alimentation. Dans cette hypothèse extrême, le volume des éclusées pourra atteindre chaque jour en moyenne pendant la saison sèche :

$$47.300 \times 13 = 614.900^{\text{mc}},$$

et, comme le passage d'un bateau exige une éclusée à chaque extrémité du bief, le volume total sera :

$$614.900 \times 2 = 1.229.800^{\text{mc}},$$

soit un débit de 14,2<sup>mc</sup> par seconde.

*Pertes par les portes.* — L'incertitude qui règne sur la possibilité d'obtenir la fermeture exacte de portes de 20<sup>m</sup> de hauteur, dont il n'existe pas encore d'exemple, force de se montrer très large dans l'appréciation de ces pertes. Nous ne croyons pas pouvoir les évaluer à moins de 4<sup>mc</sup>,5 par porte et, comme il existe deux sas accolés à chaque extrémité du bief, ces pertes seront de :

$$4^{\text{mc}},5 \times 4 = 6^{\text{mc}} \text{ par seconde.}$$

*Pertes par évaporation et infiltration.* — Nous comptons une hauteur d'évaporation de 0<sup>m</sup>006 par 24<sup>h</sup>; la surface du lac pouvant être estimée approximativement à 3.000 hectares, la perte totale journalière sera de ce chef de :

$$3.000.000 \times 0.006 = 180.000^{\text{mc}},$$

soit par seconde 2<sup>mc</sup>,1.

Quant aux pertes par infiltration, elles paraissent négligeables dans un sol argileux tel que celui de l'Isthme, et nous nous bornons à les signaler pour mémoire.

*Pertes pour fausses manœuvres, échouages, accidents.*  
— Nous évaluons ces pertes, suivant l'usage, à 10 % de l'ensemble des autres dépenses d'eau, soit 2<sup>mc</sup>,2 par seconde.

La consommation totale s'établit donc ainsi qu'il suit :

Éclusées . . . . .	14 <sup>mc</sup> ,2
Pertes par les portes . . . . .	6, 0
Pertes par évaporation . . . . .	2, 1
Pertes par fausses manœuvres . . . . .	2, 2
	<hr/>
Total . . . . .	24 <sup>mc</sup> ,5

soit 24<sup>mc</sup> à 25<sup>mc</sup> par seconde.

Or, pendant la période de six années à laquelle se rapportent les observations faites sur le débit du Chagres, ce débit ne paraît pas être descendu dans la saison sèche au-dessous d'un volume moyen de 27<sup>mc</sup>; sans même parler de l'Obispo et de quelques cours d'eau de moindre importance, il serait donc généralement suffisant pour assurer l'alimentation du Canal.

Les observations de l'année 1883 semblent seules accuser un débit inférieur, qui se serait exceptionnellement maintenu à une quinzaine de mètres pendant trois mois. Mais ce résultat est en contradiction avec toutes les constatations ultérieures et son exactitude est d'autant plus douteuse que ces observations remontent aux premiers mois de séjour dans l'Isthme, c'est-à-dire à une période d'organisation.

Quoi qu'il en soit, il suffit de placer la crête des déversoirs qui limiteront le lac supérieur, à 1 mètre au-dessus de la cote minima nécessaire à la navigation, pour constituer une vaste réserve disponible de 1 mètre de hauteur sur 3.000 hectares de superficie, c'est-à-dire de 30.000.000 de mètres cubes, sans porter atteinte au mouillage réglementaire.

Cette réserve, jointe à l'apport que fourniront les petits cours qui jetteront également leurs eaux dans le bief supérieur, paraît de nature à inspirer une sécurité complète, quelle que soit l'incertitude qui subsiste sur le débit minimum du Chagres, et à remédier au déficit qui pourrait très exceptionnellement se produire dans les ressources alimentaires.

## CHAPITRE IV

### *Aménagement des eaux du Chagres*

La question d'aménagement des eaux du Chagres est certainement, avec celle de la grande tranchée de la Culebra, la plus importante de celles que soulève la construction du Canal de Panama.

Sur le versant de l'Atlantique, le Canal suit la vallée du Chagres; mais son tracé rectiligne ou à grandes inflexions coupe sur bien des points les nombreuses sinuosités que forme ce cours d'eau. Soit qu'on lui crée latéralement un nouveau lit, soit qu'on confonde

ses eaux avec celles du Canal, il faut de toute nécessité assurer leur écoulement. La difficulté est encore aggravée par le caractère de cette rivière qui, habituellement calme, se change subitement, à la suite de pluies tropicales, en un torrent impétueux, roulant, avec des épaves de toutes sortes, des masses d'eau considérables dont le volume n'est même pas exactement connu.

Les idées qui, sous des formes diverses, avaient prévalu dans l'ancienne Société, consistaient dans la création d'un réservoir barrant la vallée du Chagres à Gamboa et capable d'emmagasiner une partie des crues, de manière à en modérer et à en régulariser le débit. Des dérivations ouvertes de chaque côté du Canal devaient recevoir ces eaux, ainsi que celles des affluents des deux rives, et les conduire à la mer, en les isolant de celles du Canal.

Jusqu'à présent, le réservoir n'a pas été entrepris; les dérivations ont seules reçu un commencement d'exécution.

Mais cette solution est loin d'offrir une sécurité suffisante.

En ce qui concerne d'abord le barrage de Gamboa, l'emplacement paraît peu favorable. Une digue en terre, telle que celle qui avait été primitivement prévue, offrirait peu de chances de succès; ce mode de construction serait certainement admissible, si l'on pouvait établir la digue par couches successives et si l'on avait à sa disposition une main-d'œuvre économique et un délai à peu près illimité; c'est ainsi que, dans les Indes, on trouve de grandes digues en terre dont la stabilité

est attestée par une expérience séculaire. Mais avec les procédés et la rapidité qui s'imposent dans l'Isthme, on ne peut songer, ni à réaliser cette exécution lente et progressive, ni même à trier convenablement les déblais provenant du canal. On serait amené à rejeter du haut d'une estacade les déblais tout venants pour constituer la digue. Ainsi faite et mise immédiatement en charge, elle serait exposée à une destruction rapide, qui causerait un véritable désastre et dont les conséquences seraient incalculables.

Une digue en maçonnerie ne présenterait pas les mêmes dangers, mais elle devrait être fondée sur le rocher. Or, aucun sondage antérieur n'a permis de constater dans le thalweg l'existence d'un sol résistant et inaffouillable, sur lequel on puisse établir avec sécurité un massif de grande hauteur. Les seuls indices que l'on possède à cet égard, quelque incertains qu'ils soient, laissent craindre au contraire que ce sol ne se rencontre qu'à une profondeur excessive.

D'autre part, à Gamboa, l'étendue de la réserve est diminuée de toute la surface inondée par le barrage de San Pablo entre ces deux localités. A volume égal, la hauteur de la retenue et, par conséquent, celle du barrage doivent donc être augmentées dans une mesure équivalente à cette réduction de superficie.

L'emplacement de Gamboa est enfin situé dans la région qui, sur le parcours du Canal, semble la plus exposée aux secousses des tremblements de terre.

Pour toutes ces raisons, la Commission le regarde comme l'un des moins appropriés à la construction

d'un barrage important et estime qu'on ne devrait y avoir recours qu'en cas d'absolue nécessité.

Mais les dérivations latérales donnent lieu à des critiques encore plus graves.

La première porte sur l'incertitude des dimensions à leur attribuer. Le débit maximum du Chagres est encore moins connu que son débit d'étiage; il a été déduit, par des procédés empiriques, d'observations faites dans des conditions de régime bien différentes; la valeur qui lui a été attribuée ne repose que sur des hypothèses plus ou moins plausibles et n'a jamais fait, à notre connaissance, l'objet d'une constatation directe. Tout ce qu'on peut dire, c'est que ce débit est énorme, qu'il se rapproche de 2.000<sup>m</sup> par seconde et dépasse peut-être même ce chiffre. Par suite, il faudrait donner à l'émissaire des dimensions considérables; en cas d'insuffisance, le but ne serait pas atteint; en cas d'exagération, ou même seulement dans l'intervalle des crues, le lit risquerait d'être envahi par la végétation et le résultat serait à peu près le même.

Pour remédier à ce danger et diminuer en même temps la dépense, on avait songé à limiter ces dérivations à l'ouverture d'un lit mineur séparé du Canal par une digue en terre et à créer ainsi un lit majeur, comprenant tous les terrains submersibles jusqu'à cette digue; c'est ce dernier qui aurait été spécialement affecté à l'écoulement des grandes crues.

Mais, avec les terres de l'Isthme, il serait à craindre que ces digues ne fussent pas en état de résister. C'est

l'objection que nous avons déjà faite à l'endiguement latéral du Canal ; elle s'applique au même titre à celui des dérivations.

Sur un grand nombre de points où le Canal occupe le fond de la vallée, les dérivations se trouveraient en outre rejetées sur les flancs des cerros ; les digues seraient placées sur un sol décline, où elles atteindraient de fortes hauteurs et où elles seraient encore plus exposées à être emportées par les eaux. Sur des coteaux un peu escarpés, la présence même de ces digues ne créerait pas un lit majeur dans la véritable acception de ce mot et ne ferait qu'augmenter légèrement la section du lit mineur.

Enfin, avec ou sans digue, la présence de l'eau dans une cuvette supérieure au Canal, ouverte dans des terrains argileux comme ceux de l'Isthme, serait une cause permanente de dangers ; il se produirait des infiltrations souterraines, comme le prouve l'exemple des travaux de la Culebra, et, un jour ou l'autre, toute la masse qui séparerait ces dérivations du Canal se mettrait en mouvement.

En somme, on ne trouve dans cette solution que des incertitudes et des dangers. L'isolement des eaux du Chagres et du Canal serait subordonné à toutes les chances d'accidents qui pourraient se produire depuis Gamboa jusqu'à Bohio Soldado, sur un parcours de 21 kilomètres, et dont les conséquences seraient d'autant plus graves qu'on n'aurait rien fait pour recevoir le Chagres dans le Canal.

La Commission a cru devoir écarter cette solution

d'une manière péremptoire, si ce n'est en aval de Bohio où la situation topographique n'est plus la même. Elle accepte donc franchement la réunion des eaux du Chagres et du Canal, en cherchant à rendre cette disposition aussi inoffensive que possible par la création de lacs où la section mouillée sera considérable et où par suite la vitesse sera faible. Elle ne se dissimule pas que, par des crues exceptionnelles, il pourra en résulter, à de longs intervalles, quelques jours de gêne ou même d'interruption dans la navigation. Mais il vaut encore mieux subir cet inconvénient, limité dans ses effets comme dans sa durée, que de s'exposer à une irruption violente des eaux du Chagres, qui pourrait être désastreuse aussi bien pour la navigation que pour la conservation même du Canal.

Dans l'opinion de la Commission, ces considérations sont absolument décisives en faveur des lacs.

Ce système admis, c'est le lac supérieur qui est appelé à recevoir les eaux du Chagres. Leur écoulement sera ensuite assuré au moyen des déversoirs qui accompagneront les barrages construits à chacune des extrémités du bief supérieur, au droit des écluses de San Pablo et de Paraiso. La hauteur réservée en cas d'insuffisance des ressources alimentaires dans la saison sèche étant de 1 mètre, leur seuil sera arasé à la cote 35,50, et les dispositions adoptées devront permettre de débiter, tant sur le Pacifique que sur l'Atlantique, 1.200 mètres cubes par seconde, sans que le niveau du lac dépasse la cote maxima de 37,50, qui lui a été précédemment assignée et qui est celle des banquettes d'Emperador et de la Culebra.

Que restera-t-il à emmagasiner dans le lac en sus de ces 1.200 mètres cubes? Faut-il de données suffisantes sur les grandes crues du Chagres, nous sommes à cet égard dans le vague le plus complet. Entre les cotes 35.50 et 37.50, il reste une hauteur disponible de 2 mètres qui donne la possibilité d'emmagasiner, sur 3.000 hectares, 60 millions de mètres cubes. Or, si l'on se reporte aux courbes de hauteur de la plus grande crue observée, celle de Décembre 1888, et que l'on cherche à en déduire la courbe des débits, il semble que la partie du débit qui, dans les journées du 12 et du 13, a excédé 1.200<sup>m<sup>c</sup></sup>, représente seulement un volume total de 25 millions de mètres cubes; il aurait donc facilement trouvé la place dans le lac supérieur. Mais nous ne donnons ce chiffre que sous toutes réserves et sans y attacher aucune signification précise.

Ce qui est certain, c'est que la crue, dans sa période d'intensité maxima, passe comme un flot rapide. Au point de vue de la navigation, ce fait est rassurant, car la gêne ou l'interruption sera toujours de courte durée. Toutefois, il faut tenir compte, dans la construction des déversoirs, de l'incertitude qui subsiste sur le débit maximum du Chagres et adopter des dispositions qui présentent une élasticité suffisante pour parer à toute éventualité.

Cette condition conduit à composer les déversoirs de deux parties, l'une fixe, l'autre mobile; cette dernière aurait sa crête arasée au même niveau que le seuil de la partie fixe et fonctionnerait en temps habituel, comme la précédente, par déversement. Mais elle pourrait au

besoin s'ouvrir en grand et livrerait alors immédiatement passage à un débit beaucoup plus important.

L'un des procédés que la Commission croit pouvoir indiquer pour atteindre ce but consiste dans l'emploi de grandes hausses du système Desfontaines, telles que celles qui ont été employées avec succès en Allemagne sur le Mein et la Sprée. Ces hausses atteignent 2<sup>m</sup>,80 de hauteur au-dessus de l'axe de rotation et 12 mètres de largeur; la manœuvre en est aisée et peut être opérée de la rive, au moyen d'un tour de clef, par le premier venu. L'ajustage doit en être très soigné; mais il se ferait en Europe, comme celui de toutes les pièces métalliques, portes d'écluses ou autres; il ne resterait à effectuer dans l'Isthme que le montage, qui ne présenterait pas plus de difficultés que celui des autres organes métalliques. Sans rattacher ses propositions d'une manière exclusive à l'application de ce procédé, la Commission se borne à insister sur la nécessité d'ouvrages mobiles d'un vaste débouché et d'une manœuvre rapide; elle estime qu'avec cette précaution, il n'y a aucun mécompte grave à redouter.

En tout état de choses, il sera d'ailleurs nécessaire de chercher à recueillir, avant l'exécution, des données plus précises sur le débit du Chagres, au moyen de jaugeages directs opérés dans la période des crues.

Sous le bénéfice des observations qui précèdent, la Commission adopte provisoirement le chiffre de 1.200 mètres cubes comme celui du débit à écouler par les déversoirs de San Pablo et de Paraiso. Mais ce volume se partagera très inégalement entre les versants

de l'Atlantique et du Pacifique. C'est, en effet, du côté de l'Atlantique que se trouvera concentrée dans le lac la masse d'eau de beaucoup la plus importante et, de là, les eaux ne pourront se rendre sur le versant du Pacifique que par les tranchées d'Emperador et de la Culebra qui constituent un long passage rétréci. D'autre part, après avoir franchi les déversoirs, elles trouveront, en aval de San Pablo, tout l'espace nécessaire pour se répandre librement jusqu'à Bohio Soldado, puis jusqu'à l'Atlantique, tandis qu'en aval de Paraiso la place fait défaut dans la vallée du Rio Grande, fort resserrée entre les coteaux qui circonscrivent son cours. Ces considérations conduisent à attribuer 900 mètres cubes environ au déversoir de San Pablo, et 300 mètres cubes seulement à celui de Paraiso.

La section mouillée de la tranchée du faite étant de 374 mètres carrés à la cote 37,50, lorsque les eaux atteignent leur niveau maximum dans le bief, la vitesse qui résultera du passage de 300 mètres cubes dans cette tranchée sera de 0<sup>m</sup>,80 par seconde, et ne porterait même pas obstacle à la navigation, si celle-ci ne devait pas alors se trouver interceptée d'un autre côté.

Il reste à déterminer le mode d'écoulement des eaux sur chaque versant jusqu'à la mer.

En aval de San Pablo, un lac inférieur d'environ 1.000 hectares de superficie reproduira, sur une échelle plus restreinte, les dispositions du lac supérieur. Il recevra les eaux du déversoir de San Pablo, ainsi que celles des affluents du Chagres jusqu'à Bohio Soldado.

Dans cette dernière localité, des déversoirs ménagés

sur chaque rive du Canal et également munis d'organes mobiles donneront passage à toutes ces eaux réunies. La crête de ces ouvrages sera arasée au niveau minimum de la retenue, c'est-à-dire à la cote 15, et le plan d'eau pourra se relever de 1 mètre ou même au besoin de 1<sup>m</sup>,50, c'est-à-dire à la cote 16.50.

Enfin, au delà de Bohio Soldado, les eaux s'écouleront par l'ancien lit du Chagres, par les dérivations ouvertes sur les deux rives du Canal entre les parties conservées de ce lit et par le Canal lui-même.

Mais on ne cherchera pas à isoler ces différents émissaires; les eaux se répartiront d'elles-mêmes, comme elles le font entre les divers bras d'un fleuve qui aboutit à la mer. Nous ne saurions affirmer que leur section sera toujours suffisante pour prévenir les débordements; toutefois, il est certain qu'au point de vue des inondations et de la hauteur des crues, la situation ne sera pas aggravée et qu'elle sera même améliorée, puisqu'à l'issue actuelle on en ajoutera deux nouvelles.

Dans ces conditions, les dérivations ne présentent plus les dangers et les inconvénients que nous avons signalés dans la partie haute de la vallée. Ouvertes dans une vaste plaine submersible, en communication directe avec le Canal et la mer, elles ne sont plus exposées aux mêmes chances d'avaries et constituent la solution la plus rationnelle pour assurer l'écoulement des eaux dans l'étendue du bief maritime.

En aval de Bohio, ces dérivations sont d'ailleurs à peu près achevées et c'est une raison de plus pour les

utiliser. Il suffira de faire disparaître quelques lacunes qu'elles présentent encore et surtout d'ouvrir plus largement les dérivations de la rive droite; ce sont ces dérivations qui devront recevoir les eaux du déversoir à établir à Bohio Soldado, sur le côté droit du Canal; il importe donc qu'elles aient une section suffisante pour débiter ces eaux et les conduire jusqu'au lit du Chagres, d'où elles se rendront à la mer.

Le cube restant à faire pour ces dérivations est compris dans le relevé général des terrassements du chapitre III; il est approximativement de 1.490.000 mètres cubes, dont 280.000 mètres cubes sur la rive gauche et 1.210.000 mètres cubes sur la rive droite du Canal.

Le seul inconvénient de cette solution consiste dans l'interruption possible de la navigation par des crues exceptionnelles; mais, dès le début de cette étude, nous avons constaté qu'il fallait accepter cette éventualité ou bien se lancer dans des difficultés presque insolubles, sans même être certain d'y échapper. Ce fait, qui ne se reproduira qu'à de longs intervalles et sera toujours de courte durée, est en tous points assimilable à un phénomène naturel, tel qu'une tempête ou un ouragan qui interdirait l'accès du Canal aux navires en mer et contre lequel l'homme ne saurait lutter; il doit être regardé, au même titre, comme un cas de force majeure.

Du côté du Pacifique, les dispositions à prendre sont beaucoup plus simples. Le volume à débiter est moindre; les digues de retenue, ainsi que les déversoirs à ménager au droit des écluses de Pedro Miguel et de Miraflores, auront à la fois moins de longueur et moins de

relief au-dessus du sol; enfin les eaux trouveront une issue naturelle vers la mer par le lit du Rio Grande et même, au besoin, dans l'étendue du bief maritime, par le canal de navigation, comme sur le versant de l'Atlantique.

Dans le chapitre suivant, nous ferons connaître le mode de construction et les dispositions principales de ces divers ouvrages.

## CHAPITRE V

### *Ouvrages d'art*

Les premières dépositions reçues par la Commission lui avaient fait craindre que les matériaux de construction ne fussent très rares dans l'Isthme, que, d'autre part, on ne pût s'y procurer la main-d'œuvre nécessaire pour la construction de grands ouvrages en maçonnerie et que, pour ce double motif, ces ouvrages ne fussent d'une exécution trop difficile ou d'un prix excessif.

Les vérifications auxquelles a procédé sur place la Délégation sont loin de confirmer ces idées, généralement admises en France sans contrôle suffisant.

On trouve, en effet, tout le long du Canal, dans la partie où des travaux de maçonnerie peuvent être prévus, d'abondantes ressources en pierres de très bonne qualité pour béton et moellons de remplissage ou de parement, à des distances dont le maximum atteint

à peine 1.500 mètres. Or, tous les ouvrages à construire exigent des cubes de maçonnerie d'une grande importance : les frais d'établissement de voies de raccordement ne grèveront donc le prix du mètre que dans une faible mesure, et ces conditions peuvent être regardées comme très favorables.

La plage de Panama fournira en outre du sable propre et d'assez bonne qualité, quoique mélangé dans une certaine proportion de débris coquilliers. La mer réparera d'ailleurs assez rapidement les brèches faites dans la plage pour que cette carrière puisse être regardée comme inépuisable.

La chaux et le ciment font seuls défaut; il faudra les amener d'Europe. Il en sera de même des morceaux de granite qui seront nécessaires pour quelques parties spéciales des ouvrages d'art.

Il existe déjà dans l'Isthme un certain nombre d'ouvrages en maçonnerie; ils sont bien faits et bien conservés. Le parfait état des parements et des joints est surtout remarquable : il doit être attribué aux conditions climatiques et à la température à peu près constante de l'Isthme. Il est même permis d'en conclure que les frais d'entretien des ouvrages d'art seront très restreints.

Quant à la main-d'œuvre, rien ne paraît devoir mettre obstacle à ce qu'elle soit fournie par les Jamaïcains. D'après les renseignements recueillis dans l'Isthme par la Délégation, il semble possible de former un aussi grand nombre de Jamaïcains qu'on le voudra à la confection des maçonneries sous la direction de chefs ouvriers blancs. Presque tous les chantiers de cette nature pour-

ront être protégés contre la pluie et les ardeurs du soleil, et ces conditions, très appréciées même des noirs, jointes à l'élévation de salaire attribuée aux ouvriers de métier, permettront de choisir à l'avenir les plus intelligents pour en faire, après quelque temps de stage, des maçons très suffisants, quand ils seront groupés par équipes bien surveillées. La Commission n'a donc pas hésité à prévoir un emploi de la maçonnerie beaucoup plus large qu'on ne l'avait fait antérieurement, et c'est sous le bénéfice de cette observation générale que nous abordons l'examen des ouvrages d'art. Dans cette catégorie, nous classons : 1° les écluses, 2° les barrages et déversoirs, 3° les siphons; nous ajouterons quelques renseignements sur la déviation du Panama-Rail-Road.

I. *Écluses.* — La première question que soulève l'étude des écluses est celle des dimensions à leur attribuer. Nous avons déjà fait connaître celles que leur avait assignées la Commission; mais il y a lieu d'y revenir avec plus de développements.

Le mouillage de 8<sup>m</sup>,25 adopté par l'ancienne Compagnie dans son projet de Canal provisoire à écluses est un peu faible pour des navires calant en mer 8 mètres à pleine charge. Dans les biefs alimentés par l'eau douce, le tirant d'eau de 8 mètres sera, en effet, augmenté de 0<sup>m</sup>,16. En même temps que la Commission portait le mouillage à 9 mètres dans la section courante du Canal où des dépôts sont susceptibles de se produire, elle l'a donc fixé à 8<sup>m</sup>,50 sur les seuils des écluses.

Quant aux autres dimensions, elles doivent être suf-

fisantes pour livrer passage aux plus grands navires. Une largeur de 20 mètres et une longueur utile de 180 mètres remplissent cette condition.

On peut, il est vrai, citer des navires de 160 mètres de longueur, pour lesquels un sas de 180 mètres serait peut-être un peu exigu. Mais aucun bateau de cette taille ne franchit encore l'isthme de Suez, il s'écoulera probablement bien des années avant qu'il en passe par Panama et, même alors, ils resteront sans doute à l'état d'exception.

Or, les circonstances ne permettent pas d'augmenter les dépenses dans des proportions qui, pour la généralité des navires, seraient exagérées. Avant de songer à faire grand pour l'avenir, il faut sauver le présent. Les dimensions données ci-dessus aux écluses répondent largement aux prescriptions de l'acte de concession, elles sont de nature à desservir tout le trafic que permettent de concevoir les espérances les plus optimistes et, après mûre délibération, la Commission n'a pas cru devoir aller au delà.

Nous avons dit, d'autre part, en parlant de l'étagement des biefs, que leurs chutes varieraient de 8 à 11 mètres et que, dans l'opinion de la Commission, ce dernier chiffre était un maximum que justifiait seule la possibilité d'utiliser, en tout ou en partie, les approvisionnements déjà faits dans le même but par l'entreprise Eiffel.

A ceux qui regarderaient la Commission comme trop timorée dans ses appréciations, il n'est pas sans intérêt de rappeler que, dans l'hypothèse d'un Canal à

écluses, le congrès de 1879 limitait à 4 mètres la chute de ces ouvrages. Voici en quels termes s'exprimait son rapporteur : « Il a semblé que, dans l'état actuel  
« de l'art des constructions hydrauliques, on ne devait  
« pas, au point de vue des dimensions et des facilités  
« de manœuvre des portes, exagérer la hauteur de  
« chute des écluses. Des hauteurs de 3<sup>m</sup>,50 à 4 mètres  
« paraissent très convenables. »

Depuis dix ans, la science de l'ingénieur n'a pas tellement progressé qu'on puisse écarter d'une manière péremptoire l'opinion qu'exprimait alors une réunion formée des hommes les plus compétents en matière de travaux hydrauliques.

Des écluses de 8 mètres et, à plus forte raison, de 11 mètres de chute, doivent donc être regardées comme des ouvrages exceptionnels, qui se distinguent beaucoup plus par la hardiesse que par la timidité de leur conception.

Mais, ce qui a surtout décidé la Commission, c'est l'intérêt même du Canal et la nécessité de desservir un trafic rémunérateur.

A ce point de vue, il est essentiel de se rendre compte du temps qu'exige le passage d'un bateau dans des écluses de 8 mètres et de 11 mètres de chute.

Or, l'expérience démontre qu'un navire amarré dans un sas serait exposé aux avaries les plus graves, si l'eau, dans son ascension ou sa descente, subissait des mouvements tumultueux. L'introduction et l'émission doivent être régulières et assez limitées pour que le déplacement vertical moyen du bateau n'excède pas

0<sup>m</sup>,0075 par seconde ou 0<sup>m</sup>,45 par minute. Encore ce résultat, obtenu en Amérique à l'écluse du saut du lac Huron, est-il un des plus favorables qu'on puisse citer. Sur la Seine, où la hauteur de chute est seulement de 3 mètres et où l'on ne reçoit que des bateaux de rivières plus maniables, la vitesse d'ascension n'est que de 0<sup>m</sup>,005 par seconde ou 0<sup>m</sup>,30 par minute.

Adoptons cependant une vitesse de 0<sup>m</sup>,45 par minute.

A ce taux, le temps du remplissage sera :

Pour une écluse de 8 mètres de chute, de 18 minutes ;

Pour une écluse de 11 mètres de chute, de 24 minutes ;

Pour une écluse de 28 mètres de chute, il serait de 64 minutes.

La durée de la vidange sera la même.

Il faut y ajouter le temps nécessaire pour l'entrée des bateaux dans le sas et leur amarrage. Les navires devront stationner à une certaine distance, se déplacer d'abord, puis se mettre en direction, enfin pénétrer dans le sas et s'y amarrer. Les opérations inverses se reproduiront à la sortie et exigeront le même délai.

Chaque passage donnera lieu en outre à une double ouverture et fermeture des portes d'amont et d'aval, car ce n'est qu'après ces quatre manœuvres qu'on se retrouvera dans les conditions initiales. Or, quel que soit le mode de construction des portes, ces manœuvres seront, toutes choses égales, d'autant plus longues et plus pénibles que les portes seront plus hautes.

Enfin, il est indispensable de compter un certain battement entre ces diverses opérations qui, même en s'effectuant régulièrement, ne se succéderont pas avec une

précision rigoureuse. La pratique montre la différence qui existe à cet égard entre la théorie et la réalité, et l'on ne saurait faire abstraction de cette perte de temps presque inévitable, même dans les services de navigation les mieux ordonnés.

La Commission a donc évalué ainsi qu'il suit la durée d'occupation d'un sas par le passage d'un bateau, soit montant, soit descendant :

ÉCLUSES D'UNE CHUTE		
	DE 8 MÈTRES	DE 11 MÈTRES
Entrée du navire dans le sas.....	9 minutes	9 minutes
Fermeture des portes d'entrée.....	6 —	7 —
Remplissage du sas.....	1 —	24 —
Ouverture des portes de sortie.....	6 —	7 —
Sortie du navire.....	9 —	9 —
Fermeture des portes de sortie.....	6 —	7 —
Vidange du sas.....	18 —	24 —
Ouverture des portes d'entrée.....	6 —	7 —
Total.....	78 minutes	94 minutes
Battelements et pertes de temps à raison de 2 minutes dans chaque intervalle.....	14 —	14 —
Total général.....	92 minutes	108 minutes

soit environ 1 heure 1/2 pour l'écluse de 8 mètres et 1 heure 3/4 pour celle de 11 mètres.

Quant à l'écluse de 28 mètres, elle exigerait plus de 3 heures.

Il en résulte que des écluses de 8, 11 et 28 mètres

de chute permettraient de faire respectivement 16, 13 ou 7 éclusées par jour de vingt-quatre heures.

Mais ces chiffres sont certainement des maxima, car ils supposent que les passages s'effectuent régulièrement de jour et de nuit sans aucune interruption.

Il faut en outre tenir compte de ce que la fréquentation ne reste pas uniforme pendant toute la durée de l'année et qu'elle atteint à certains moments le double et même le triple de la moyenne. Ainsi, si l'on compulse les registres de Port-Saïd pendant l'année 1885, on trouve des jours où l'on n'a reçu que 10, 8, 6, et même 2 navires, et d'autres où ce nombre s'est élevé à 40, 50 et même jusqu'à 80. Dans les quatre journées consécutives des 22, 23, 24 et 25 Juin, il est arrivé 196 navires, tandis que dans celles des 18, 19 et 20 du même mois, on n'en avait compté que 28. Le tonnage moyen des premiers est d'ailleurs supérieur à celui des seconds, ce qui prouve bien qu'il ne s'agissait pas d'un passage accidentel de simples barques.

On s'exposerait donc aux mécomptes les plus graves, si l'on cherchait à déterminer la capacité de trafic du Canal d'après le nombre possible des éclusées dans chaque journée. La Commission a pensé que, pour tenir compte des variations considérables qui se produisent dans l'arrivage des navires, il fallait au moins réduire ce nombre de moitié.

A ce taux, et en fixant comme précédemment le tonnage moyen des navires à 1.853 tonneaux et la durée de la navigation à 320 jours par an, on trouve que :

Des écluses de 8 mètres de chute pourraient desservir un trafic de :

$$\frac{1}{2} 16 \times 1853 \times 320 = 4.741.880$$

soit 4.700.000 tonneaux ;

Des écluses de 11 mètres, un trafic de :

$$\frac{1}{2} 13 \times 1853 \times 320 = 3.854.240,$$

soit 3.800.000 tonneaux ;

Enfin des écluses de 28 mètres, un trafic de :

$$\frac{1}{2} \times 7 \times 1853 \times 320 = 2.075.360$$

soit 2.000.000 tonneaux.

Ces constatations sont fort importantes, car elles démontrent que des écluses simples de 8 mètres et de 11 mètres sont insuffisantes pour répondre aux exigences d'un trafic de 6 millions, et à plus forte raison de 7 millions de tonneaux ; d'où ressort la nécessité, que nous avons déjà signalée, de doubler les sas.

Il est vrai qu'on ne peut espérer ce trafic dès le début ; néanmoins, la prudence la plus élémentaire ne permet pas d'ajourner ce travail. Le calcul qui précède ne répond, en effet, qu'à des conditions moyennes ; mais, à certains moments, les variations pourront être beaucoup plus importantes, surtout pour les voiliers, suivant que le vent leur sera favorable ou contraire. D'autre part, la juxtaposition d'un second sas au sas primitif serait, en cours d'exploitation, une opération difficile et pleine de dangers ; car elle devrait s'accomplir sous une charge d'eau de 9 mètres en temps nor-

mal, et de 20 mètres quand le sas contigu serait plein. Par ces motifs, la Commission regarde le doublement immédiat des sas comme une obligation impérieuse à laquelle on ne saurait se soustraire.

Avec deux sas accolés, la capacité de trafic est doublée; elle s'élève pour les écluses de 8 mètres à 9.400.000 tonneaux, et pour celles de 11 mètres à 7.600.000 tonneaux.

Quant aux écluses de 28 mètres, même avec deux sas, elles ne permettraient pas d'atteindre plus de 4.000.000 de tonneaux.

Cela posé, l'emplacement des écluses a été déterminé, non seulement en vue de répondre à l'étagement des biefs adopté par la Commission, mais encore de manière à permettre la construction de ces ouvrages dans un sol solide et résistant.

Les écluses 1 et 2, qui constituent l'échelle Bohio Soldado, sont placées entre les points kilométriques 23<sup>kil</sup> 900 et 24<sup>kil</sup> 400 dans une butte rocheuse qui offre toute sécurité.

Il en est de même de la seconde échelle, celle de San Pablo, qui se compose des écluses 3 et 4 et s'étendra du kilomètre 36<sup>kil</sup> 600 au kilomètre 37<sup>kil</sup> 100 dans un sol de bonne qualité, déjà reconnu et constaté par la fouille de l'écluse n° 2 de l'ancien Canal provisoire à écluses.

Sur le versant du Pacifique, l'échelle de Paraiso, comprenant les écluses 5 et 6, régnera entre les points 56<sup>kil</sup> 550 et 57<sup>kil</sup> 050 et sera, pour la plus grande partie, en plein rocher.

L'écluse n° 7 sera établie à Pedro Miguel, entre les points 59<sup>kil</sup> 100 et 59<sup>kil</sup> 400, dans des conditions non moins satisfaisantes, sur l'emplacement de l'ancienne écluse n° 9 du Canal provisoire à écluses.

Enfin l'écluse n° 8 projetée à Miraflores occupera la place de l'ancienne écluse n° 10. La visite attentive des lieux à laquelle a procédé la Délégation est loin de justifier les craintes antérieurement manifestées sur le choix de cet emplacement; la Délégation a fait mettre la fouille à sec, creuser des trous de mine dans le fond et a constaté que, si les parois ne peuvent se soutenir par elles-mêmes, du moins on trouve sur toute l'étendue de l'écluse un sol de fondation formé d'une roche incompressible, sur laquelle on pourra s'établir avec sécurité.

En résumé, les emplacements des écluses avaient été généralement bien choisis par l'ancienne Compagnie et ceux qu'adopte la Commission, en profitant du résultat de cette première expérience, ne doivent inspirer aucune préoccupation tirée de la nature du sol.

On ne saurait pourtant se dispenser de revêtir les sas, si ce n'est sur quelques points spéciaux. Le terrain n'est pas de nature à pousser, mais il est plus ou moins irrégulier et ne peut se maintenir sans protection. En général, il suffira, dans les parties en déblai, d'un simple revêtement maçonné à barbicanes dont l'épaisseur dépendra du fruit adopté. De véritables bajoyers, calculés suivant les règles habituelles, ne paraissent nécessaires que dans l'écluse de Miraflores et dans les parties des autres écluses qui sont en élévation au-dessus du sol.

Les maçonneries de chaque écluse devront faire sur place l'objet d'une étude détaillée avant exécution. Toutefois, pour fixer les idées et arrêter son évaluation, la Commission a provisoirement admis que, sur la moitié de la longueur totale des sas, on pourrait se borner à un revêtement, et, sur l'autre moitié, construire des murs de bajoyers. Cette appréciation paraît assez large pour ne donner lieu à aucun mécompte.

Quant au radier, il ne semble pas douteux que, presque partout, il pourra se réduire à un revêtement, destiné plutôt à protéger le fond contre l'action des eaux qu'à augmenter la solidité.

Le type d'écluse projeté est établi sur ces données ; suivant les cas, il comporte, sur tout ou partie de l'écluse, soit des revêtements limitant latéralement le sas, soit des murs de bajoyers, séparés par une pile intermédiaire de 15 mètres d'épaisseur.

Dans les massifs, on combinera l'emploi du béton et de la maçonnerie ; mais tous les parements vus, même ceux des radiers, seront en moellons. Le cadre destiné à recevoir la poussée des portes sera en pierre de taille dure et, au besoin, en granite qu'on fera venir de France.

La Commission n'a pas trouvé, dans les coffrages métalliques primitivement prévus et destinés à être remplis de béton, les garanties nécessaires de durée et de bonne exécution. Elle a craint les disjonctions qui s'opéreraient inévitablement au contact de substances aussi dissemblables sous l'influence des tassements, de la dilatation et de toutes les forces qui pourraient agir sur elles. Elle y a donc complètement renoncé.

Les portes seront formées par de grands caissons flottants, composés de compartiments étanches et indépendants. Ce système, consacré par la pratique des ports de mer, est également celui des portes Eiffel, du type desquelles il conviendra de se rapprocher autant que possible, non seulement en raison de l'étude qui en déjà été faite, mais encore à cause de l'économie que procurerait l'utilisation des approvisionnements faits dans l'Isthme.

Ce n'est pas à dire que la Commission regarde cet emploi comme certain et assuré; par prudence, elle n'en a même pas tenu compte dans son évaluation, où elle a porté le prix de portes neuves. Elle a tenu seulement à en réserver la possibilité; si cette éventualité se réalise, il en résultera une économie qui sera toujours favorablement accueillie; dans le cas contraire, il n'y aura du moins, de ce chef, aucun surcroît de dépenses.

Malgré son désir de rendre cette utilisation aussi complète que possible, la Commission ne croit pas devoir recommander la manœuvre de ces portes au moyen de ponts placés à leur partie supérieure; aucun de ces ponts n'étant d'ailleurs rendu dans l'Isthme, il y a moins d'intérêt à conserver cette disposition. La Commission redoute à la fois la gêne et les sujétions que la présence de ces ponts amènerait sur le terre-plein, les difficultés d'exécution que présenteraient les chambres destinées à recevoir les portes, enfin les retards qui pourraient être la conséquence de la double manœuvre de la porte et du pont. Elle préfère des portes tournantes, telles que celles du canal de Tancarville, qui sont construites

d'après le même principe, mais qui viennent se rabattre dans une enclave du bajoyer.

En ce qui concerne les appareils de remplissage et la machinerie, elle ne voit aucune raison pour modifier les dispositions antérieurement projetées qui, sauf étude de détail plus complète, lui semblent très satisfaisantes. Elle insiste seulement sur la nécessité de joindre aux appareils mécaniques des cabestans, qui permettent d'opérer la manœuvre à bras d'homme, dans le cas de rupture ou de réparation des mécanismes.

Les écluses, ainsi construites et munies d'enclaves pour le rabattement des portes tournantes, auront une longueur de 215 mètres entre les portes. La longueur des échelles de deux écluses, entre les têtes extrêmes, sera de 492 mètres, et celle des écluses simples de 277 mètres. La largeur totale, y compris le bajoyer central, sera de 55 mètres; à cette largeur s'ajoutera celle du fruit à donner au revêtement, lorsque la présence du rocher pourra dispenser d'un bajoyer complet. Les terre-pleins auront, en outre, de chaque côté 10 mètres de largeur au minimum.

On voit, d'après cela, l'importance de ces constructions. Les écluses échelonnées de San Pablo, prises comme type, comportent, d'après un avant-métré approximatif, les cubes suivants de maçonnerie :

Béton. . . . .	150.000	mètres cubes.
Pierre de taille. . . . .	2.000	—
Maçonnerie de moellons. . . . .	161.000	—
La surface des parements vus sera de. . . . .	67.000	mètres carrés.

L'ensemble complet des huit écluses représente environ 1.300.000 mètres cubes de béton ou de maçonnerie de moellon.

II. *Barrages et déversoirs.* — Le plus important de ces ouvrages est celui de San Pablo, et c'est celui que nous choisissons pour indiquer d'une manière générale les idées de la Commission.

La maçonnerie qu'on fera dans l'Isthme, surtout dans les premières années, qu'elle soit en béton ou en moellons à bain de mortier, n'aura probablement pas les qualités qu'exige ce mode de construction dans les réservoirs. En outre, le sol sur lequel on s'établira n'offre pas une résistance parfaite.

Dans ces conditions, il paraît prudent de constituer les barrages avec une âme en maçonnerie comprise entre deux massifs de remblai. D'après les dépositions reçues par la Commission et les observations faites sur place par la Délégation, les remblais, même exécutés sans précautions spéciales, deviennent, après tassement, solides et imperméables, de sorte qu'après quelques années ils sont susceptibles de former une digue parfaitement sûre, dont la valeur s'accroîtra avec le temps et l'effet de la végétation. La maçonnerie, au contraire, employée seule, n'offrirait pas la même sécurité, surtout si elle n'était pas absolument imperméable, et elle irait, s'il en était ainsi, en s'affaiblissant.

C'est dans la combinaison de ces deux procédés que la Commission a cherché la solution. Au début, ce sera la digue en maçonnerie qui fonctionnera presque seule; on la calculera dans cette prévision, en n'attribuant à

la maçonnerie qu'une résistance restreinte de 4 kilogrammes par centimètre carré; eu égard à l'incertitude du sol, on limitera au même chiffre la charge sur la fondation. Les remblais ne seront alors considérés que comme une consolidation accessoire.

Plus tard, c'est le fait inverse qui se produira. Les remblais ayant acquis tout leur tassement, ce seront eux qui formeront la digue véritable, et le mur, plus ou moins affaibli par les infiltrations, ne restera plus que comme un procédé d'exécution et une addition utile à la sécurité.

Voici comment la Commission comprend l'exécution de ces digues mixtes.

On commencera par installer dans la vallée de forts tuyaux ou conduits, suffisants pour écouler les eaux du Chagres pendant la saison sèche sous une pression de 2 à 3 mètres; un batardeau de même hauteur isolera des eaux la partie basse de la vallée, celle où le rocher plonge et manque comme fondation apparente.

A l'abri de ce batardeau, on descendra jusqu'au terrain solide, avec l'air comprimé si la chose est nécessaire, deux parafoilles comprenant entre eux un espace suffisant pour asseoir la base du mur.

Entre ces parafoilles, on draguera jusqu'aux couches incompressibles et on remplacera le terrain enlevé par un massif de maçonnerie ou de béton s'élevant, comme les parafoilles, jusqu'au niveau des fondations.

En même temps, sur les deux versants, on commencera la construction du mur de digue et les deux tronçons seront ainsi descendus, jusqu'à laisser au centre

une baie centrale d'assez grande dimension pour laisser passer les fortes crues du Chagres.

Cette baie sera fermée en une seule campagne pendant une saison sèche ; c'est seulement à ce moment que la retenue s'établira et alors elle trouvera les déversoirs préparés à l'avance pour l'écoulement des eaux au niveau le plus bas possible, afin de n'imposer aux maçonneries et aux fondations que la charge la plus faible.

Dans cette situation, on exécutera les remblais en déversant les matériaux du sommet du mur où les amèneront les wagons, et, quand la retenue sera mise en service à toute hauteur, ces remblais auront déjà acquis un tassement qui ne pourra que s'accroître avec le temps et remédier à l'insuffisance possible du mur.

La Commission n'entend d'ailleurs attacher aucun caractère absolu à ces procédés d'exécution, dont les dispositions peuvent varier suivant une étude à faire dans chaque cas particulier. Ce qu'elle a voulu démontrer, c'est la possibilité d'arriver à barrer la vallée par ces moyens ou d'autres équivalents. Mais ce sera toujours, il ne faut pas se le dissimuler, une opération délicate. Les remblais que certains projets avaient proposé d'établir en quelque sorte de vive force sur le Chagres, lui sembleraient d'une exécution particulièrement difficile et, réussît-on au début, pleins de dangers pour les années suivantes. Dans son opinion, il faut chercher la sécurité dans une âme en maçonnerie descendue profondément jusqu'au terrain solide.

L'application de cette méthode au barrage de San

Pablo conduit à faire une digue en maçonnerie qui aura 4 mètres de largeur en couronne et 26 mètres à la base. Le couronnement sera établi à la cote 39, c'est-à-dire à 1<sup>m</sup>,50 au-dessus du niveau maximum de la retenue, et surmonté d'un parapet de 1 mètre de hauteur, qui portera la revanche totale à 2<sup>m</sup>,50. Quant à la base, sa cote sera celle du niveau minimum de la retenue inférieure, c'est-à-dire la cote 15.

En dessous, régnera un massif général de béton d'une largeur uniforme de 32 mètres et d'une dizaine de mètres d'épaisseur, compris entre deux parafeuilles de 5 mètres de largeur chacun, qui seront eux-mêmes descendus aussi bas que l'exigera la recherche du sol de fondation.

La hauteur maxima de la retenue sur la base sera donc de 22<sup>m</sup>,50; le calcul a été fait de manière que, sous cette charge, les pressions ne dépassent, ni à l'intérieur du mur, ni sur le massif de fondation, 4 kilogrammes par centimètre carré.

Toutefois, nous devons faire toutes réserves sur la position exacte à attribuer à cette digue, dont l'emplacement devra être déterminé, avant l'exécution, d'une manière plus rigoureuse, par de nouveaux sondages, ceux qui ont été faits jusqu'à présent ne permettant pas de se prononcer à cet égard en connaissance certaine de cause.

De toute façon, le barrage principal construit dans la vallée de Chagres à San Pablo devra être complété par deux ouvrages du même genre, mais moins importants, dans deux dépressions ou cols secondaires qui règnent

de chaque côté de la vallée. Ce sont ces derniers qui seront accompagnés des déversoirs nécessaires à l'écoulement des eaux du Chagres en temps de grandes crues.

Ces déversoirs comprendront à la fois une partie fixe de 120 mètres de longueur totale, arasée à la cote 35,50, et deux grandes vannes mobiles du genre de celles que nous avons indiquées plus haut, fermant chacune un pertuis de 10 mètres de largeur et de 3 mètres de hauteur en dessous de la retenue.

Si l'on se reporte à la formule connue du déversoir :

$$Q = 0,40 lh \sqrt{2gh}$$

on voit que, sous une charge d'eau de 2 mètres qui sera celle de la retenue parvenue à sa cote maxima de 37<sup>m</sup>,50, le déversoir fixe débitera, à raison de 5 mètres cubes par mètre courant,  $120 \times 5 = 600$  mètres cubes.

Les deux vannes ouvertes en grand pourront alors débiter, sous une charge de 5 mètres,  $20 \times 20 = 400$  mètres cubes.

On arrive ainsi à un débit de 1.000 mètres cubes, sensiblement supérieur à celui de 900 mètres cubes que nous avons assigné à ces déversoirs dans l'étude de l'aménagement des eaux du Chagres. En aval de ces ouvrages, les eaux se répandront par de courtes dériva-tions dans le lac inférieur.

Après le barrage de San Pablo, le plus important sera celui de Bohio Soldado. Ici le sol de fondation a été reconnu et constaté, si ce n'est dans le lit même du Chagres, et l'emplacement à attribuer à l'ouvrage ne laisse aucune incertitude.

Il se composera de deux parties. L'une d'elles, à gauche du Canal, barrera transversalement la vallée du Chagres et s'appuiera sur les deux cerros qui limitent cette vallée. L'autre, à droite, consistera seulement en un déversoir ménagé dans le col qui vient aboutir à l'extrémité amont de l'ancienne dérivation n° 4.

La première constitue le barrage proprement dit; mais la faible longueur de 300 mètres dont on dispose forcera à convertir la crête tout entière de cet ouvrage en déversoir fixe pour permettre de débiter, avec le déversoir de rive droite, la totalité des eaux dont le volume, augmenté des affluents du Chagres entre Bohio et San Pablo, ne saurait être évalué à moins de 1.200 mètres cubes.

Dans leur ensemble, les procédés de fondation et d'exécution resteront cependant les mêmes qu'à San Pablo; mais il n'est plus possible de recourir à un massif de terre pour consolider la digue, puisque les eaux se déverseront sur toute sa longueur. La maçonnerie devra résister par elle-même, ce qui est heureusement beaucoup plus facile qu'à San Pablo: le sol de fondation offre en effet plus de sécurité et la saillie de l'ouvrage est bien moindre. La consolidation accessoire de la digue en maçonnerie sera empruntée à de gros massifs d'enrochements, qu'on jettera en aval et que la nature rocheuse de la butte de Bohio permet de se procurer à volonté à pied d'œuvre.

D'après les données précédemment admises pour l'étagement des biefs, la crête de ce déversoir sera arasée à la cote 15 et la hauteur de la lame déversante

pourra atteindre, au-dessus de cette cote, 1 mètre ou même 1<sup>m</sup>,50.

Avec 1 mètre de charge, le débit, à raison de 4<sup>m<sup>c</sup></sup>,77 par mètre courant, sera de 530 mètres cubes sur la longueur entière de l'ouvrage. Avec 1<sup>m</sup>,50 de charge, il s'élèverait à 3<sup>m<sup>c</sup></sup>,30 par mètre courant, soit en totalité à 990 mètres cubes; c'est entre ces deux limites extrêmes qu'il y aura lieu de choisir.

Du côté droit, il n'y a place que pour des vannes mobiles dont l'emplacement devra être creusé dans le rocher sur lequel elles reposeront directement; à ce point de vue, il y a donc sécurité complète. Si l'on compose cet ouvrage de 3 vannes de 10 mètres de largeur chacune et de 3 mètres de hauteur en dessous de la cote 15, ce pertuis pourra débiter, quand il sera ouvert, environ 500 mètres cubes.

Le débouché total des deux ouvrages sera donc plus que suffisant pour parer à toute éventualité; la répartition des débits devra d'ailleurs faire l'objet d'une étude plus détaillée. Pour le moment, il nous suffit de constater que ces dispositions générales assurent largement l'écoulement des eaux et offrent, sous ce rapport, toute l'élasticité désirable.

De toute façon, les dérivations de rive droite, et notamment l'ancienne dérivation n° 4, devront être complétées et élargies de manière à écouler le volume d'eau qu'elles recevront.

Sur le versant du Pacifique, la question est infiniment plus simple. Ce sera le barrage de Paraiso, accolé à l'échelle supérieure, qui jouera le même rôle que

celui de San Pablo du côté de l'Atlantique. Mais là, la roche dure affleure le sol, la hauteur maxima de la retenue au-dessus de la fondation ne sera que de 7 à 8 mètres et la longueur à barrer n'atteindra pas une centaine de mètres. La construction de cet ouvrage ne présente donc aucune difficulté ; il sera entièrement en maçonnerie et, sur toute son étendue, devra servir de déservoir, soit au moyen d'une crête fixe, soit à l'aide d'organes mobiles.

Enfin, au droit des écluses de Pedro Miguel et de Miraflores, il suffira de petites digues en terre, qui se réduiront en quelque sorte à de simples bourrelets, accompagnés de déversoirs. Il serait sans intérêt d'insister sur ses dispositions, dont le détail ne peut être arrêté que dans un projet définitif d'exécution, mais qui ne comportent aucun aléa.

En résumé, c'est sur les barrages de San Pablo et de Bohio Soldado et, en particulier, sur le premier des deux que se concentrent presque toutes les difficultés. Le cube du béton et des maçonneries sera certainement moins considérable que dans les écluses, car il ne paraît pas devoir excéder, pour l'ensemble des barrages et déversoirs, 600.000 mètres cubes. Mais, tandis qu'on peut aller presque à coup sûr dans la construction des écluses, celle des barrages exigera, surtout à San Pablo, de nouvelles recherches et des études délicates, pour reconnaître le sol, déterminer exactement la position des digues et en arrêter les détails. La Commission s'est seulement attaché à tracer un programme et à démontrer la possibilité d'en assurer la réalisation ; mais elle insiste spécialement,

en ce qui concerne cette catégorie d'ouvrages, sur la nécessité d'études plus complètes.

III. *Siphons*. — Tous les ruisseaux qui aboutissent à la tranchée du faite sont actuellement reçus dans des rigoles latérales au sommet de la tranchée, où la présence des eaux est une cause permanente de dangers pour la stabilité des terrassements. Il est indispensable de modifier cette situation et de conduire ces eaux dans la cuvette même du Canal.

Ce but peut être atteint au moyen de siphons formés de tuyaux, qui prendront les eaux des ruisseaux en amont de l'emprise du Canal et les dirigeront vers le fond de la cuvette. Avec des précautions convenables, le courant créé par l'introduction de ces eaux pourra être atténué autant qu'on le voudra et ne présentera pas d'inconvénients.

Soit qu'on adopte cette disposition, soit qu'on en choisisse une autre équivalente, la Commission signale la nécessité d'ouvrages spéciaux, appropriés à cette destination, et fait entrer leur prix dans son évaluation.

IV. *Déviatioñ du chemin de fer*. — Enfin il y a lieu de mentionner la déviation du Panama-Rail-Road, qui est une conséquence forcée du système des lacs; car le tracé actuel du chemin de fer se trouve, sur une partie notable de son parcours, dans la zone submergée par les retenues de Bohio Soldado et de San Pablo et en dessous du niveau de ces retenues,

La solution la plus rationnelle consistera à le dévier sur la rive gauche du Canal en dehors des lacs depuis Bohio jusqu'à Paraiso et à le rendre ainsi complètement

indépendant de la voie navigable. La déviation aura une longueur de 35 kilomètres; elle exigera, à la traversée du Chagres, près de Gamboa, un viaduc important qui devra être élevé au-dessus du niveau du lac supérieur et qui ne saurait entrer dans le prix kilométrique.

Dans cet ouvrage, on pourra utiliser les ponts métalliques déjà approvisionnés dans l'Isthme pour d'autres usages et devenus sans objet : leur emploi permettra de réduire le prix du viaduc.

## CHAPITRE VI

### *Mode et délais d'exécution*

L'exécution des travaux est tout entière subordonnée à l'utilisation du matériel et des installations existantes; c'est dans cette prévision que l'évaluation des dépenses a été établie. Sans sortir du caractère exclusivement technique de ce rapport, il y a donc lieu de donner quelques renseignements sur le parti qu'on pourra en tirer.

Le matériel approvisionné dans l'Isthme a une importance que la Commission ne pouvait pas perdre de vue; il s'agit en effet d'objets dont l'acquisition, le transport et le montage sur place ont coûté 150 millions.

La Délégation envoyée dans l'Isthme a constaté que le classement, la mise en état, le sauvetage même des

divers outils oubliés dans les remblais ou au fond des fouilles par les entrepreneurs, ont été méthodiquement poursuivis, depuis la suspension des travaux. Les ateliers sont en bon état, un ordre parfait règne dans les magasins, et le matériel vu sur les chantiers a été nettoyé avec soin et mis à même de résister aux influences atmosphériques.

Au cours de ses tournées, la Délégation a eu l'occasion de voir, en outre, en mouvement plusieurs locomotives, des chaloupes à vapeur et divers outils qui se sont bien comportés.

D'autre part, elle a fait mettre en marche, en sa présence, sur avis donné seulement 48 heures à l'avance, deux excavateurs et une drague à la Culebra, une drague marine à la Boca, plusieurs grues de chargement. L'expérience a été satisfaisante.

Il y a donc dans l'Isthme un matériel d'une valeur réelle; cependant la Commission n'a pu le chiffrer, car cette valeur est purement conventionnelle: presque nulle si les travaux ne sont pas continués, elle devient au contraire très considérable pour une Société nouvelle qui trouverait dans son emploi la possibilité de mettre immédiatement la main à l'œuvre.

Mais ce que la Commission croit pouvoir affirmer c'est que, sauf peut-être quelques engins spéciaux, ce matériel répond à tous les besoins. Quels que soient les procédés adoptés, les dragues de toute espèce, les excavateurs, les grues de chargement, les rails, locomotives et wagons de terrassements sont en quantité largement suffisante.

La Commission n'a donc compté dans son évaluation aucune acquisition nouvelle : les prix qu'elle a appliqués comportent seulement l'entretien et, le cas échéant, le renouvellement de l'outillage par les futurs entrepreneurs.

Les installations d'ateliers offrent également toute l'ampleur désirable. Les trois principales se trouvent à Colon, à Matachin et à la Boca; des installations de moindre importance sont disséminées sur tout le parcours de la ligne. L'ensemble de ces constructions et des divers outils qu'elles renferment est plus que suffisant pour faire toutes les réparations de matériel que comportera un travail très actif.

Quant aux habitations pour le personnel et les ouvriers, leur nombre est énorme et semble même exagéré, car elles permettent d'assurer le logement de 26.000 à 27.000 ouvriers; de ce chef, il n'y a aucune dépense à prévoir.

Grâce au matériel et aux installations qu'elle trouvera sur place, la nouvelle Société pourra donc immédiatement attaquer le massif de la Culebra et engager le surplus des travaux sans autre délai que celui qu'exigeront de nouvelles études sur les points que nous avons particulièrement signalés. Le temps consacré à ces études ne sera pas perdu : on ira plus vite et plus sûrement quand on sera bien fixé, non seulement sur le programme général, mais encore sur les détails d'exécution. L'exemple du passé doit servir de leçon et la Commission ne saurait trop insister sur cette recommandation.

En dehors des difficultés inhérentes à l'importance même des travaux, les futurs exécutants auront un point spécialement délicat à examiner, le seul sur lequel nous croyons devoir revenir : c'est la Culebra, point où l'imprévoyance est venue encore compliquer l'œuvre de la nature. Ce chantier de 1.800 mètres de longueur, dans lequel il faut enlever 8.550.000<sup>m<sup>3</sup></sup>, est le nœud des terrassements de l'Isthme, car la tranchée d'Emperador a une profondeur moyenne qui n'excède guère celle des grandes tranchées connues et, si le volume à enlever est presque aussi considérable (7.300.000<sup>m<sup>3</sup></sup>), du moins la longueur de la tranchée, qui est de 6 kilomètres, laisse le champ libre à des combinaisons variées.

A la Culebra, il y aura lieu, avant toute reprise des travaux, de drainer avec le plus grand soin, superficiellement et profondément, les masses éboulées, parce qu'il faut essayer d'y rétablir un équilibre stable ou, tout au moins, ne rien négliger pour éviter l'extension du mouvement en surface et en profondeur.

Dans ce but, on devra enlever, en tout ou en partie, les dépôts malencontreusement faits aux abords du kil. 54.500, puis on débroussillera et régularisera la surface, on fermera les crevasses, on ouvrira quelques fossés à pente rapide conduisant les eaux aussi vite que possible en dehors de l'éboulement, et on préviendra l'entrée des eaux pluviales provenant des terrains supérieurs par l'ouverture d'un fossé de ceinture convenablement tracé.

Indépendamment de ces travaux superficiels, on

cherchera à assécher par des drainages profonds la surface de glissement actuelle. Voici, d'après l'état des lieux, comment on en conçoit les dispositions principales.

Deux ou trois larges galeries montantes avec pente assez forte, destinées à être remplies de grosses pierres, seraient ouvertes suivant la ligne de décollement, leur pied plongeant en dessous de la surface de glissement, et elles viendraient se rejoindre en formant une enceinte continue. Leurs eaux seraient reçues dans un fossé parallèle à l'axe du Canal et ouvert dans la banquette supérieure de la tranchée, à quelques mètres en dessous du niveau inférieur de la surface de glissement.

En même temps qu'ils procéderont à ces travaux préparatoires, les constructeurs devront examiner avec soin la question des décharges de la Culebra. La décharge actuelle, dite du Lirio, rive gauche, et au besoin celle de la vallée du Lirio, rive droite, sont excellentes pour la partie haute de la Culebra. Mais quand on s'approfondira, on ne disposera plus que de la vallée, dite Quebrada Mallejan, et, comme secours, de quelques vallons secondaires dans la partie haute du Rio Grande; il y a, notamment dans la première de ces vallées, d'immenses étendues à des cotes basses pouvant recevoir plusieurs millions de mètres cubes. Toutefois, il serait peut-être dangereux d'organiser les chantiers en vue d'une décharge unique, quelle qu'en soit l'étendue, parce qu'il suffirait d'un accident local pour désorganiser la marche des terrassements. Il y aura lieu de rechercher s'il ne conviendrait pas de réserver

quelques parties basses de la vallée du Rio Grande pour le cas où d'autres voies seraient obstruées ; peut-être même sera-t-il de bonne administration de prévoir, dès le début, une décharge éventuelle dans le Rio Pedro Miguel, sur la rive gauche du Canal, à 5 kilomètres du centre de gravité de la tranchée de la Culebra.

Dans l'exécution de ce travail, on sera probablement amené à combiner l'usage des excavateurs avec la fouille et la charge directes à bras d'homme. Quant à l'emploi de la drague, il ne semble, ni le plus pratique, ni le plus économique, du moins dans les parties hautes de la tranchée. L'idée de se faire un auxiliaire du principal ennemi à redouter sur des chantiers de cette importance, c'est-à-dire des eaux pluviales si abondantes dans ce pays, est certainement très séduisante. Mais il est à craindre qu'il ne soit difficile de faire circuler, tant sur les longs couloirs que sur les wagons, des déblais argileux dragués et malaxés par la triple reprise de la drague et de deux élévateurs. D'autre part, la nature du sol permet d'espérer que, même dans la saison pluvieuse, le travail à sec restera praticable, tant qu'on pourra prendre les mesures nécessaires pour l'écoulement des eaux. C'est seulement dans le fond que l'assainissement des chantiers présentera plus de difficulté ; à ce moment, la drague pourra devenir utile et on sera peut-être obligé d'y avoir recours pour la mise à fond ; c'est une ressource à ne pas perdre de vue.

Quels que soient les procédés employés, l'objectif à atteindre, c'est d'arriver à faire en moyenne

1.200.000<sup>mc</sup> par année, cube que l'expérience ne permet guère de voir dépasser, mais qu'il faut atteindre pour être certain de terminer le Canal dans un délai de 8 années.

Il serait sans intérêt d'entrer dans les mêmes développements sur le mode d'exécution des autres ouvrages. Aucun d'eux n'exige la même durée : chacun des groupes d'écluses pourra se faire en trois ou quatre années au plus ; il en sera de même du barrage le plus important, celui de San Pablo. La Culebra impose seule un travail prolongé de huit années et c'est elle qui commande la date d'ouverture du canal.

Heureusement, on peut s'y mettre immédiatement ; sous réserve de l'exécution des travaux préparatoires mentionnés ci-dessus, rien ne s'oppose à la réorganisation de ce chantier. C'est sur ce point que devront porter les premiers efforts, et ils devront se poursuivre sans interruption jusqu'à l'achèvement complet de l'œuvre.

---

## CHAPITRE VII

### *Évaluation des Dépenses*

Les prix élémentaires sont justifiés dans un autre rapport; l'application de ces prix aux quantités conduit, en ce qui concerne les travaux susceptibles d'être prévus, à un total de 485.800.000 francs se décomposant ainsi qu'il suit :

#### ARTICLE PREMIER. — TERRASSEMENTS

DÉSIGNATION DES OUVRAGES	QUANTITÉS	PRIX	DÉPENSES	DÉPENSES
		D'APPLICATION	PARTIELLES	TOTALISÉES
	m. c.	fr.	fr.	fr.
<b>A. — Corps du Canal</b>				
NON COMPRIS LES ÉCLUSES				
Bief maritime du côté de l'Atlantique . . . . .	2.920.000	3.50	10.220.000	
Éboulements et apports à enlever dans la partie déjà creusée de ce bief.	1.590.000	5.50	8.745.000	
De l'écluse de Bohio Soldado à la tranchée d'Emperador . . . . .	2.000.000	3.50	7.000.000	
Tranchée d'Emperador . . . . .	900.000	5.50	4.950.000	
Tranchée de la Culebra . . . . .	7.300.000	9. »	65.700.000	
De la tranchée de la Culebra à l'écluse de Miraflores . . . . .	8.350.000	10. »	83.500.000	
	1.440.000	10. »	14.400.000	
	1.220.000	5.50	6.710.000	
<i>A reporter</i> . . . . .				201.225.000

DÉSIGNATION DES OUVRAGES	QUANTITÉS	PRIX	DÉPENSES	DÉPENSES
		D'APPLICATION	PARTIELLES	TOTALISÉES
	m. c.	fr.	fr.	fr.
<i>Report. . . . .</i>				201.225.000
Bief maritime du côté du	5.780.000	3.50	20.230.000	
Pacifique. . . . .	1.570.000	2.50	3.925.000	
				225.380.000
<b>B. — Fouilles des écluses</b>				
Écluses de Bohio Soldado.	570.000	15. »	8.550.000	
— de San Pablo . . .	330.000	15. »	4.950.000	
— de Paraiso . . . . .	550.000	15. »	8.250.000	
— de Pedro Miguel.	340.000	15. »	5.100.000	
— de Miraflores . . .	200.000	15. »	3.000.000	
				29.850.000
<b>C. — Bassins et garages</b>				
Chenal d'entrée à Colon.	900.000	5.50	4.950.000	
Bassin de Colon. . . . .	2.070.000	5.50	11.385.000	
Garages dans le canal . . .	380.000	3.50	1.330.000	
	900.000	5.50	4.950.000	
Bassin de Panama . . . . .	1.600.000	3.50	5.600.000	
				28.215.000
<b>D. — Dérivations du Chagres en aval de Bohio</b>				
Rive gauche. . . . .	280.000	4.50	1.260.000	
Rive droite. . . . .	1.210.000	4.50	5.445.000	
				6.705.000
<b>TOTAL DES TERRASSEMENTS . . . . .</b>				<b>290.150.000</b>

d'où ressort un prix moyen par mètre cube de

$$\frac{290.150.000}{42.400.000} = 6 \text{ fr. } 90.$$

ART. 2. — OUVRAGES D'ART

DÉSIGNATION DES OUVRAGES	QUANTITÉS	PRIX	DÉPENSES	DÉPENSES
		D'APPLICATION	PARTIELLES	TOTALISÉES
		fr.	fr.	fr.
<b>A. — Écluses</b>				
(NON COMPRIS LES FOUILLES DÉJÀ COMPTÉES DANS LES TERRASSEMENTS).				
<i>Ecluses type de San Pablo</i>				
Béton .....	150.000 <sup>mc</sup>	67. »	10.050.000	
Maçonnerie de pierre de taille .....	2.000	160. »	320.000	
Maçonnerie de moellons.	161.000	78. »	12.558.000	
Plus-value pour parement de moellons.....	67.000 <sup>mq</sup>	16. »	1.072.000	
Portes d'écluses.....	2.600 <sup>mq</sup>	1.000. »	2.600.000	
Machinerie, tuyauterie, appareils de manœuvre.			1.400.000	
				28.000.000
Écluses de Bohio Soldado.....				24.000.000
Écluses de Paraiso.....				26.000.000
Écluse de Pedro Miguel.....				14.000.000
Écluse de Miraflores.....				18.000.000
				110.000.000
TOTAL POUR LES ÉCLUSES.....				
<i>Nota. — Le prix moyen du mètre cube de maçonnerie dans les écluses, parement compris, est de 74 fr.</i>				
<b>B. — Barrages et déversoirs</b>				
(Y COMPRIS LES TERRASSEMENTS SPÉCIAUX A CES OUVRAGES)				
Barrage et déversoir de Bohio Soldado.....				10.000.000
— — — de San Pablo.....				40.000.000
				50.000.000
			<i>A reporter.....</i>	

DÉSIGNATION DES OUVRAGES	QUANTITÉS	PRIX	DÉPENSES	DÉPENSES
		D'APPLICATION	PARTIELLES	TOTALISÉES
				fr.
			<i>Report</i> .....	50.000.000
Barrage et déversoir de Paraiso.....			en bloc	1.500.000
— — de Pedro Miguel.....			—	750.000
— — de Miraflores . . . . .			—	750.000
			TOTAL POUR LES BARRAGES.....	53.000.000
<b>C. — Siphons d'introduction des eaux dans le bief supérieur du Canal.</b>				
Pour l'ensemble des siphons.			TOTAL POUR LES SIPHONS.	5.150.000
			TOTAL DES OUVRAGES D'ART....	168.150.000

**ART. 3. — DÉVIATION DU CHEMIN DE FER**

D'après les renseignements recueillis dans l'Isthme, on peut admettre, pour cette déviation, un prix kilométrique moyen de 250.000 fr., qui comprend tous les ouvrages courants, mais auquel il y a lieu d'ajouter le prix du grand viaduc à construire dans la vallée du Chagres à Gamboa. Dès lors l'évaluation s'établit ainsi qu'il suit :

35 kilomètres à 250.000 fr. l'un.	8.750.000 fr.
Viaduc de Gamboa.....	1.750.000 »
Total pour la déviation....	<u>10.500.000 fr.</u>

ART. 4. — EXPROPRIATIONS

Le montant des indemnités à payer dans l'étendue des terrains recouverts par les lacs est établi dans le rapport III sur les prix d'application. On se borne donc à rappeler ici le chiffre total de 16 millions.

ART. 5. — INSTALLATIONS D'ÉCLAIRAGE

L'éclairage électrique qu'il sera nécessaire d'installer pour le service de nuit, surtout au passage des écluses, comporte enfin, en frais de premier établissement, une dépense de 1 million.

L'évaluation des travaux prévus se résume donc ainsi qu'il suit :

ART. 1 <sup>er</sup> . — Terrassements .....	290.150.000 fr.	
ART. 2. — Ouvrages d'art	} 168.150.000 »	
{ écluses... 110.000.000 fr.		
{ barrages et déversoirs } 53.000.000 fr.		
{ siphons.. 5.150.000 fr.		
ART. 3. — Déviation du chemin de fer.....	10.500.000 »	
ART. 4. — Expropriations .....	16.000.000 »	
ART. 5. — Installations d'éclairage .....	1.000.000 »	
	<hr/>	
Total égal.....	485.800.000 fr.	

A ce premier total, il convient d'ajouter, pour les ouvrages qui ne peuvent se chiffrer à l'avance et pour l'imprévu, une somme à valoir d'environ 20 pour 100, soit 94.200.000 francs.

Sur cette somme, on devra en effet imputer des travaux dont la nécessité est dès à présent certaine et dont la valeur reste seule indéterminée : tels sont les

revêtements de quelques parties de la cuvette, les assainissements de la Culebra, les épuisements dans les fouilles d'ouvrages d'art, etc.

Puis, vient le véritable imprévu, pour lequel on compte habituellement en France 10 à 12 pour 100, mais qui sera certainement plus élevé dans l'Isthme avec des ouvrages dont plusieurs ont des dimensions inusitées et un caractère tout à fait exceptionnel.

Pour ces diverses causes, une somme à valoir de 20 pour 100 n'a rien d'excessif; elle conduit à une évaluation de 580 millions.

Voilà la dépense en travaux proprement dits; mais elle s'augmente des frais de toute nature qui grèvent une opération de ce genre.

Ce sont d'abord les frais généraux, c'est-à-dire les frais d'administration, tant en France que dans l'Isthme, les frais de personnel et de surveillance. Avec l'autorisation de l'Administration, les compagnies françaises de chemins de fer les calculent, dans leurs prévisions de dépenses, à raison de 6 pour 100 du montant des travaux et cette proportion n'est pas toujours suffisante. Dès lors, on ne saurait les porter à moins de 10 pour 100 dans la construction du Canal de Panama, où les traitements seront nécessairement plus élevés, où le climat force le personnel à des absences périodiques et oblige à avoir sur les lieux mêmes deux agents au lieu d'un seul pour la plupart des emplois, où enfin bien des faux frais, à peu près négligeables en France, tels que ceux de correspondance, de télégrammes, de change, prennent une importance beaucoup plus marquée.

De ce chef, il y a donc lieu de compter  $\frac{1}{10}$  de 580 millions, soit 58 millions.

Viennent enfin les charges financières de l'opération, c'est-à-dire les frais de constitution du capital et le service des intérêts pendant la construction. Dans l'état actuel de l'opinion publique et avec un crédit ébranlé, les premiers ne peuvent être estimés à moins de 5 pour 100 du capital à émettre. Quant aux intérêts, si l'on admet que les fonds ne seront versés qu'au fur et à mesure des besoins, il convient de les calculer, suivant l'usage, pour une durée moyenne de 4 ans, égale à la moitié de la durée probable des travaux. Au taux de 6 pour 100 par an, on arrive encore à 24 pour 100 des fonds à appeler.

Ces charges réunies représentent donc environ 29 pour 100 du capital définitif et portent la dépense totale de 638 millions à 899 millions, soit en nombre rond 900 millions.

L'ensemble de ces dépenses peut se récapituler comme il suit :

Travaux prévus.....		485.800.000 fr.
Somme à valoir.....		94.200.000
		<hr/>
Total pour les travaux proprement dits.....		580.000.000 fr.
Frais généraux, 10 % du montant des travaux.....		58.000.000
		<hr/>
	Total.....	638.000.000 fr.
Charges financières :		
Frais d'émission.....	5 0/0	
Intérêts .....	24 0/0	
	<hr/>	
Soit.....	29 0/0	
	du total général ci-après.....	261.000.000
		<hr/>
	Total général.....	899.000.000
	Soit.....	<u>900.000.000 fr.</u>

900 millions : tel est le capital que la Commission croit nécessaire pour l'achèvement du Canal.

Quelque élevée que puisse paraître cette évaluation, elle a été établie avec toute la modération possible. Ainsi que nous l'avons dit dès le début, la Commission s'est bornée aux installations strictement nécessaires pour permettre de desservir un trafic rémunérateur, réservant pour l'avenir les améliorations et compléments susceptibles d'ajournement, tels que la création d'une double voie dans les biefs maritimes, l'élargissement des garages, l'outillage des ports de Colon et de Panama et bien d'autres ouvrages de moindre importance dont l'exploitation révélera sans doute l'utilité.

Ces prix impliquent en outre la cession gratuite à la nouvelle Société du matériel et de tous les établissements existants dans l'Isthme.

Enfin, la Commission a admis que l'affaire serait dirigée par une administration sage et vigilante, soucieuse d'éviter le retour des fautes antérieures. A ce dernier point de vue, l'unité de direction paraît une des conditions les plus désirables à réaliser : l'éloignement, la lenteur des communications, la difficulté d'apprécier les choses à des distances aussi considérables et dans des conditions climatériques aussi différentes de celles de l'Europe, sont des circonstances qui doivent engager à donner à la direction technique dans l'Isthme toute l'autorité et l'indépendance dont elle a besoin pour accomplir sa tâche. Il importe de faire cesser la dualité qui, du temps de l'ancienne Société, a régné entre la direction de Paris et celle de l'Isthme. A la première

appartiennent les appels au public et, d'une manière générale, toutes les opérations financières ; à la seconde incombent, dans les limites d'un mandat aussi large que possible, la préparation des projets, la passation des marchés et des traités et, en général, tout ce qui concerne l'exécution technique des travaux. La direction locale doit être en particulier mieux armée vis-à-vis des entrepreneurs et être en mesure de leur imposer ses ordres d'une manière plus efficace.

Il est également permis de se demander si le système des grandes entreprises a produit les résultats qu'on en attendait. Les chefs de ces entreprises possèdent, il est vrai, une expérience, des ressources et des moyens d'action qu'on ne trouve pas chez des entrepreneurs plus modestes ; mais, vis-à-vis d'eux, la direction locale s'est trouvée trop longtemps impuissante ; sous peine d'interrompre les travaux, elle n'a pas toujours pu prévenir, même en les constatant, des fautes ou des négligences bien avérées et faire converger tous les efforts, comme il eût été désirable, vers le résultat final. Avec des tâcherons, ce danger n'est pas à redouter, au moins dans la même mesure ; ceux-ci sont d'autant plus dociles qu'on n'est lié vis-à-vis d'eux par aucun contrat à longue échéance. Mais, par contre, ce mode d'exécution exige chez celui qui sera à la tête des travaux et chez ses collaborateurs des aptitudes toutes spéciales, une santé robuste, une activité incessante, en un mot un ensemble fort rare de qualités morales et physiques. La Société nouvelle devra peser avec soin ces considérations dans le choix de ses procédés de construction.

Quels que soient ceux auxquels elle s'arrête, il est un point sur lequel nul doute ne saurait subsister. Il est essentiel d'adopter un ordre méthodique dans l'exécution des travaux, d'attaquer immédiatement ceux de la Culebra, qui n'exigent aucune étude préalable de longue durée et qui commandent l'achèvement du Canal, de consacrer au contraire tout le temps nécessaire aux études de détail sur le surplus de la ligne, notamment à celles des ouvrages d'art, écluses, barrages et déversoirs, et de n'entreprendre ces derniers qu'après avoir écarté, autant que le permet la prudence humaine, toutes les mauvaises chances.

Il ne s'agit pas au début de faire du cube, si ce n'est dans la Culebra où le temps presse ; mais, en dehors de ce point particulier, il n'y a aucun intérêt à engager immédiatement des capitaux dont l'emploi serait non seulement improductif, mais encore onéreux, tant que la tranchée du faite ne sera pas descendue plus profondément.

On a donc tout le temps voulu pour faire les études de détail, adopter une marche rationnelle et éviter une précipitation qui a été si fatale à l'ancienne Compagnie. Dans le cas où l'on retomberait dans les errements du passé, il n'y a plus de limite possible à assigner à la dépense. C'est à ces conditions, et sous ces réserves formelles, que la Commission croit devoir fixer à 900 millions le coût total de l'opération.





**CANAL INTEROCÉANIQUE**  
**DE PANAMA**

---

Commission d'études instituée par le Liquidateur  
de la Compagnie universelle

---

III

**ÉTABLISSEMENT DES PRIX D'APPLICATION**



## ÉTABLISSEMENT DES PRIX D'APPLICATION

La série de prix qui a servi de base à la Commission pour l'estimation des dépenses, a été déduite de prix élémentaires étudiés dans tous leurs détails. L'objet de cette note est de résumer sommairement les recherches faites à ce sujet.

L'estimation générale des dépenses est comprise au Rapport technique sur le Canal à écluses dans les termes suivants :

DÉSIGNATION DES OUVRAGES	QUANTITÉS	PRIX	DÉPENSES	DÉPENSES
		d'application	PARTIELLES	TOTALISÉES
<b>Art. 1<sup>er</sup>. — Terrassements</b>				
<i>A. — Corps du Canal, non compris les écluses.</i>				
	m. c.	fr.	fr.	
Bief maritime (côté Atlantique).....	2.920.000	3.50	10.220.000	
Éboulements et apports à enlever dans la partie déjà creusée de ce bief.....	1.590.000	5.50	8.745.000	
	2.000.000	3.50	7.000.000	
<i>A reporter.....</i>	.....	.....	25.965.000	

DÉSIGNATION DES OUVRAGES	QUANTITÉS	PRIX	DÉPENSES	DÉPENSES
		d'application	PARTIELLES	TOTALISÉES
		fr.	fr.	fr.
<i>Report.....</i>			25 965.000	
De l'écluse de Bohio Soldado à la tranchée d'Emperador.....	900.000	5.50	4.950.000	
Tranchée d'Emperador.....	7.300.000	9.00	65.700.000	
Tranchée de la Culebra....	8.350.000	10.00	83.500.000	
De la tranchée de la Culebra à l'écluse de Miraflores...	1.440.000	10.00	14.400.000	
Bief maritime du côté Paci- fique.....	1.220.000	5.50	6.710.000	
	5.780.000	3.50	20.230.000	
	1.570.000	2.50	3.925.000	
				225.380.000
B. — <i>Fouilles des écluses.</i>	4.990.000	15.00	29.850.000	29.850.000
C. — <i>Bassins et garages.</i>				
Chenal d'entrée à Colon....	900.000	5.50	4.950.000	
Bassin de Colon.....	2.070.000	5.50	11.385.000	
Garages dans le Canal.....	380.000	3.50	1.330.000	
	900.000	5.50	4.950.000	
Bassin de Panama.....	1.600.000	3.50	5.600.000	
				28.215.000
D. — <i>Dérivations du Cha- gres en aval de Bohio.</i>				
Rive gauche.....	280.000	4.50	1.260.000	
Rive droite.....	1.210.000	4.50	5.445.000	
				6.705.000
TOTAL DES TERRASSEMENTS.....				290.150.000

DÉSIGNATION DES OUVRAGES	QUANTITÉS	PRIX	DÉPENSES	DÉPENSES
		d'application	PARTIELLES	TOTALISÉES
		fr.	fr.	fr.
<i>Report</i> .....				290.150.000
<b>Art. 2. — Ouvrages d'Art.</b>				
A. — <i>Écluses</i> (non compris les fouilles déjà comptées dans les terrassements).				
<i>Écluses type de San Pablo.</i>				
Béton.....	150.000 mc	67 »	10.050.000	
Maçonnerie de pierres de taille.....	2.000 mc	160 »	320.000	
Maçonnerie de moellons....	161.000 mc	78 »	12.558.000	
Plus-value pour parements de moellons.....	67.000 mq	46 »	1.072.000	
Portes d'écluses.....	2.600 mq	1000 »	2.600.000	
Maçonnerie, tuyauterie, appareils de manœuvre.....			1.400.000	
			28.000.000	
Écluses de Bohio Soldado, Paraiso, Pedro Miguel et Miraflores .....			82.000.000	
				110.000.000
TOTAL POUR LES ÉCLUSES.....				
Barrages et déversoirs, y compris les terrassements spéciaux à ces ouvrages. Siphons d'introduction des eaux dans le bief supérieur du Canal.....				58.150.000
				458.300.000
			<i>A reporter</i> .....	458.300.000

DÉSIGNATION DES OUVRAGES	DÉPENSES TOTALISÉES
	fr.
<i>Report</i> .....	458.300.000
 <b>Art. 3. — Déviation du Chemin de fer.</b>	
35 kilom. à 250.000,00.....	8.750.000
Viaduc de Gamboa.....	1.750.000
	10.500.000
<b>Art. 4. — Expropriations</b> .....	16.000.000
<b>Art. 5. — Installations d'éclairage</b> .....	1.000.000
	17.000.000
<b>TOTAL GÉNÉRAL</b> .....	485.800.000

Le prix moyen par mètre cube, ressort pour les terrassements, à 6 fr. 90 et, pour la maçonnerie des écluses, à 74 fr.

## ARTICLE PREMIER

# TERRASSEMENTS

---

### I

Il eût été sans intérêt de diviser les terrassements en un grand nombre de classes, d'après leur consistance, les distances de transport et les autres conditions spéciales à chaque chantier. On sait, en effet, que, dans les tranchées du Canal, la nature du terrain offre de très grandes variations et que l'on trouve rarement, sur une certaine longueur, des déblais absolument comparables. Pour l'étude d'un avant-projet, il suffit de déterminer un prix moyen rationnel qui pourra varier suivant l'habileté et l'industrie des entrepreneurs, mais qui doit vraisemblablement correspondre à la mise en œuvre de l'outillage existant.

C'est dans cet ordre d'idées que les déblais ont été

divisés en six groupes correspondant aux six régions bien distinctes que traverse le tracé du Canal :

1° La région basse allant de l'Océan Atlantique Bohio Soldado ;

2° La région des hauteurs comprise entre Bohio et la tranchée d'Emperador ;

3° La tranchée d'Emperador ;

4° La tranchée de la Culebra ;

5° La région des hauteurs comprise entre la Culebra et Miraflores ;

6° La région basse du côté de l'Océan Pacifique.

Dans l'opinion de la Commission, c'est aux dragues seules que l'on aura recours pour les premier et sixième groupes ; l'emploi de ces outils sera combiné avec celui des excavateurs dans les deuxième et cinquième, et sera exceptionnel dans les troisième et quatrième. D'autre part, on aura recours d'une manière normale aux explosifs dans les tranchées d'Emperador et de la Culebra pour ameublir le sol, tandis que généralement ailleurs les godets des excavateurs ou des dragues pourront enlever les déblais sans minage préalable. Cette règle n'est pas sans exceptions : c'est ainsi que, dans le bief maritime côté Atlantique et dans le chenal maritime du Pacifique, il existe, au fond, des bancs rocheux que même les dragues marines sont impuissantes à enlever lorsqu'ils n'ont pas été disloqués auparavant. Il se trouve également quelques parties dures entre Bohio et Matachin et, à la partie supérieure de la descente vers le Pacifique, Paraiso est le centre d'un massif rocheux assez

important dans lequel le creusement de la cuvette du Canal conduit à enlever un million et demi de mètres cubes environ.

## II

Toutes les personnes qui ont coopéré aux travaux de l'Isthme, comme ingénieurs ou comme entrepreneurs, sont d'accord pour estimer à 2 fr. 50 environ le prix de revient, tous faux frais et bénéfices compris, du mètre cube de déblais dragué sans minage préalable et déchargé au long couloir. C'est le chiffre admis par la Commission, en supposant que tout le matériel qui se trouve dans l'Isthme, sera mis gratuitement à la disposition de ceux qui seront chargés de l'exécution, à la condition par eux de l'entretenir, de le rendre en bon état lors de l'achèvement des travaux et de ne pouvoir, sous aucun prétexte, en réclamer l'augmentation ou le renouvellement. C'est dans cette hypothèse que tous les prix unitaires ont été calculés.

L'expérience directe a confirmé cette estimation; il résulte, en effet, de relevés faits à Colon, sur une période de dix-sept mois de travail, qu'une drague, ayant enlevé en moyenne 750 mètres cubes par jour, a nécessité une dépense de 720 francs, soit par mètre cube (prix brut) 0 fr. 95. Il faut y ajouter, pour la construction des diguettes latérales et le règlement des dépôts, 0 fr. 40, et un peu plus pour l'entretien du matériel; 35 0/0 restent

donc attribués à l'entrepreneur comme faux frais et bénéfiques.

Malheureusement, ce procédé si simple de déblais ne peut pas être employé dans toutes les parties des biefs maritimes ; la hauteur des berges, la consistance insuffisante du sol, la disposition des lieux obligeront souvent à déverser les déblais dragués dans des clapets qui les emporteront vers les parties profondes de la mer ou les amèneront sous des élévateurs flottants à long couloir, amarrés au droit des dépressions naturelles du sol ou des parties de rivière abandonnées.

Dans le premier cas, le prix est élevé de 2 fr. 50 à 3 fr. 50. Ici encore, l'expérience a démontré que le service d'une drague exigeait trois clapets occasionnant ensemble une dépense de 1.060 francs, ou 1 fr. 40 par mètre cube, dont il faut déduire les 0 fr. 40 prévus, dans le cas de décharge directe au long couloir, pour la construction des diguettes et le règlement des dépôts. Si une reprise à l'élévateur est nécessaire, il y a lieu de prévoir de ce chef une plus-value de 0 fr. 60, ce qui porterait le prix à 4 fr. 10.

Enfin, d'après les renseignements recueillis par la Commission, le minage des déblais à draguer peut être évalué à 7 francs par mètre.

L'examen des lieux a amené la Délégation à admettre que les frais de minage ou de reprise à l'élévateur pouvaient compenser, dans les biefs maritimes de Panama (bassins compris) et dans celui de Colon, à partir du kilomètre 4, l'économie réalisable en certains points par la décharge directe au long couloir. Le prix moyen

applicable serait ainsi celui des déblais dragués puis transportés au clapet, soit 3 fr. 50.

Depuis l'origine du bief maritime de Colon jusqu'au kilomètre 4, la cuvette du Canal est ouverte dans des bancs de coraux ; il y a lieu de prévoir, de ce fait, des sujétions spéciales et, par suite, le prix a été élevé à 5 fr. 50, aussi bien pour la voie navigable que pour le chenal d'entrée dans le bassin de Colon.

Dans le chenal maritime de Panama, au contraire, l'emploi facile des dragues marines, proportionnellement beaucoup moins coûteux, a permis d'abaisser à 2 fr. 50 le prix moyen prévu.

### III

Le profil en long adopté réduit à un cube relativement très faible, — 3.000.000 de mètres cubes environ, y compris les garages, — les déblais en terre dont le meilleur type est fourni par les chantiers de Tavernilla. Les faits d'expérience abondent pour les déblais de cette nature, et les prix peuvent être déterminés d'après ceux qui ont été payés aux petits entrepreneurs au début de la construction, alors que la valeur de la main-d'œuvre n'avait pas encore été artificiellement surélevée par la concurrence des entrepreneurs et la précipitation apportée à l'exécution des travaux.

En évaluant à 5 fr. 50, en moyenne, le prix à payer pour les déblais de cette nature y compris le transport à

3.000 mètres, on laisse une marge suffisante au bénéfice des entrepreneurs. C'est le prix appliqué entre l'écluse de Bohio et la tranchée d'Emperador, ainsi qu'aux parties terreuses de la descente sur le Pacifique entre les écluses de Paraiso et de Miraflores.

Les dérivations à ouvrir se composent, à peu près par moitié, de déblais à draguer et de terres à enlever à l'aide d'excavateurs ou de wagons Decauville. On a été ainsi naturellement conduit, à évaluer la dépense correspondante d'après le prix unitaire de  $\left(\frac{5.50+3.50}{2}\right)$ , soit 4 fr. 50 par mètre cube.

#### IV

Les tranchées d'Emperador et de la Culebra représentent, à elles seules, un peu plus du tiers comme cube, et plus de la moitié comme dépense, des terrassements restant à faire.

Au moment où les chantiers ont été arrêtés, l'entrepreneur de la tranchée d'Emperador recevait 10 fr. 30 par mètre cube.

Ce prix comprenait « la fourniture du matériel que  
« la Compagnie ne s'était pas engagée expressément à  
« fournir; la location du matériel livré par la Compa-  
« gnie, l'installation et l'entretien du matériel de toute  
« nature, tous les travaux d'installation, toutes les

« dépenses en fournitures et main-d'œuvre pour l'ex-  
« traction, le transport jusqu'à 4 kilomètres et la dé-  
« charge des terres, le dressement des banquettes,  
« la pose, le déplacement et l'entretien de toutes les  
« voies et en général de tous les appareils nécessaires  
« à l'exécution des travaux, la construction de tous les  
« ouvrages provisoires nécessaires pour franchir les  
« cours d'eau traversés et les voies ferrées prévues ou  
« à prévoir, les redevances à la Compagnie pour les  
« dépenses de transport ou autres nécessaires au re-  
« crutement et à l'importation des ouvriers par l'en-  
« treprise, enfin tous les faux frais et bénéfices. »

Toutefois, en vertu de l'article 25 du cahier des charges, il devait être attribué à l'entreprise :

1° Pour l'établissement de voies de service, une allocation ne pouvant pas dépasser 2.000.000 de francs ;

2° Pour les estacades de chargement des grands wagons, une allocation ne pouvant pas dépasser 670.000 francs.

Les épuisements, s'il y avait lieu, devaient être payés par la Compagnie (prix n° 4 du bordereau). Réciproquement, l'entreprise devait lui tenir compte de la location du matériel et des installations de toute nature, par une redevance annuelle de 5 0/0 de la valeur résultant des inventaires contradictoires ; le cube minimum à exécuter chaque mois était de 70.000 mètres en 1888, 210.000 mètres en 1889 et 250.000 mètres en 1890, dans l'hypothèse du Canal à écluses (articles 2 et 8 du cahier des charges).

D'autre part, l'entreprise fournissait elle-même à la

Compagnie le matériel dont elle devait payer la location, suivant une série de prix laissant aux bénéficiaires une marge au moins égale aux redevances de location stipulées pendant la durée des travaux, de sorte qu'en fait le prix payé peut être évalué, y compris les allocations stipulées à l'article 25 du cahier des charges, à 11 francs par mètre cube.

Le prix prévu au contrat du 16 septembre 1886 avec ces mêmes entrepreneurs pour l'exécution du Canal à niveau était de 9 fr. 50 seulement.

Tous ces prix sont des maxima qui tenaient compte, à la fois, du salaire excessif des ouvriers, en nombre insuffisant pour obtenir sur l'ensemble des travaux les cubes exigés par les contrats, et des dépenses supplémentaires, fatales sur un chantier dont l'activité est exagérée au delà des limites compatibles avec la disposition des lieux.

L'achèvement des travaux en huit années, comme l'a prévu le programme de la Commission, suppose que 90.000 mètres cubes seulement seront à enlever en moyenne chaque mois à la tranchée d'Emperador. Dans ces conditions, l'organisation sera relativement facile et le prix de 9 francs paraît devoir laisser aux entrepreneurs un bénéfice suffisant.

C'est la conviction qu'a rapportée la Délégation, de l'examen des lieux et des renseignements qu'elle a recueillis dans l'Isthme.

La tranchée de la Culebra est de même nature que celle d'Emperador ; mais, sur ce chantier dont la longueur est de 1.800 mètres seulement, il y a lieu de pré-

voir des frais supplémentaires d'exploitation. Le cube mensuel à enlever est, en effet, plus grand qu'à Emperor et les déblais doivent tous forcément, sauf installations spéciales et reprises coûteuses, sortir par une des extrémités.

La Commission a estimé la plus-value à 1 franc par mètre et a adopté le prix de 10 francs.

Le bordereau des prix, joint au contrat du 20 décembre 1887 intervenu entre la Compagnie Interocéanique et l'entrepreneur des travaux de la Culebra, prévoyait seulement, suivant la profondeur, les prix de 7 fr. 80 et de 8 fr. 60, inférieurs à ceux accordés pour la tranchée d'Emperor; mais cette différence, qui serait absolument anormale, n'est qu'apparente et se trouve plus que compensée par une série d'allocations-énumérées à l'article 4 du contrat, dont l'ensemble constitue par mètre cube une plus-value importante.

Vers Paraiso, dans la descente sur le Pacifique, la cuvette du Canal sera ouverte dans des roches dures plus difficiles à enlever que celles des tranchées supérieures, mais les distances de transport seront moins grandes et l'organisation des chantiers plus facile; la Commission a appliqué à ces déblais le même prix qu'à la Culebra.

L'emplacement des écluses a été naturellement choisi de manière à asseoir ces ouvrages sur des terrains solides. Les déblais seront donc généralement rocheux, comparables à ceux qui ont été estimés à 9 francs par mètre, mais il faut évidemment prévoir une plus-value importante pour les travaux de cette nature.

C'est ainsi que le prix moyen de 15 francs par mètre a été adopté.

Toutes ces bases d'évaluation peuvent être considérées comme très larges, à la condition, bien entendu, qu'à aucun moment on ne se trouve, par suite d'imprévoyance au début, obligé, pour éviter la déchéance, de terminer coûte que coûte une partie quelconque du Canal, et spécialement les grandes tranchées, dans un délai incompatible avec une bonne marche des travaux.

Le prix moyen des terrassements ressort à 6 fr. 90.

Il est sans intérêt de le comparer au résultat de l'ensemble des travaux exécutés jusqu'à ce jour, parce que les prix ont été absolument surfaits pendant les dernières années, tandis que le travail accompli était, pour la plus grande partie, le plus facile.

Par contre, au début, on avait à lutter contre des difficultés d'installation et de mise en train que l'on ne rencontrera plus à l'avenir.

Aussi le prix moyen de 6 francs atteint pour 13.000.000 de mètres cubes exécutés dans les premières années, de 1883 à 1886, semble bien concorder avec les prévisions de la Commission.

## ARTICLE DEUXIÈME

### OUVRAGES D'ART

---

#### V

L'opinion générale dont plusieurs personnes s'étaient faites l'écho devant la Commission, à Paris, semblait être que les matériaux de construction étaient très rares dans l'Isthme et que les travaux de maçonnerie étaient difficiles à y réaliser sur une grande échelle, la main-d'œuvre blanche étant extrêmement chère et les noirs n'ayant pas une adresse suffisante. Les prix de revient devaient naturellement être excessifs dans ces conditions. Les renseignements recueillis sur place par la Délégation ne concordent heureusement pas avec ces déclarations.

*Pierres.* — En réalité, on trouvera tout le long de la partie du Canal où des travaux de maçonnerie peuvent être exécutés, d'abondantes ressources en pierres

de très bonne qualité pour béton et moellons, à des distances dont le maximum atteint à peine 1.500 mètres. Or, tous les ouvrages à construire ayant une grande importance, les frais d'établissement d'une voie spéciale de raccordement grèveront peu chaque mètre cube de matériaux, de sorte que ces conditions doivent être considérées comme extrêmement favorables.

Les carrières de Bohio pourront également fournir des moellons d'appareil et la plus grande partie des pierres de taille; mais certaines pierres d'appareil qui, notamment dans les écluses, doivent présenter des conditions exceptionnelles de résistance au choc et à la pression, devront être importées toutes préparées d'Europe. Ce ne sera là qu'une exception sans influence sensible sur les prix de revient.

La pierre cassée pour béton et le moellon brut, extraits de carrières à ouvrir, ont été estimés respectivement à 13 et 15 francs le mètre cube, à pied d'œuvre. Ces prix sont largement suffisants, d'autant plus que, dans les déblais mêmes de la cuvette et spécialement dans les fouilles de certaines écluses, on trouvera des matériaux susceptibles d'être utilisés sur place, principalement comme pierres à béton.

La Compagnie du Panama Rail Road fournit, à un point quelconque de la ligne, des blocs des carrières de Bohio Soldado, de dimensions suffisantes pour être taillés, moyennant 40 francs le mètre cube. En comptant 40 francs pour la taille, on obtient le prix de 80 fr.

Les moellons parementés auront une queue moyenne de 40 centimètres; il faudra donc admettre, pour cette

maçonnerie, d'après les mêmes bases, une plus-value de 16 francs ( $0,40 \times 40$  fr.) par mètre carré.

*Chaux et ciments.*— Il est à peu près certain que les calcaires trouvés dans l'Isthme donneraient exclusivement de la chaux grasse et il est préférable, en vue des malfaçons possibles, de n'employer que de la bonne chaux hydraulique importée d'Europe.

Le prix de celle-ci, obtenue par des approvisionnements méthodiques, sera, du reste, sans doute inférieur à celui des produits moins bons que l'on fabriquerait sur place, étant donné le prix forcément très élevé de la main-d'œuvre intelligente sous un pareil climat. Cette observation s'applique, *à fortiori*, au ciment.

Dans ces conditions, le prix de revient de ces matériaux est facile à établir :

*Chaux du Teil.*

La tonne achetée sur bateau (prix fort).....	25 fr. »
Fret, manutention, transbordement, transport à pied d'œuvre	50 fr. »
	<hr/>
	75 fr. »
	<hr/> <hr/>

*Ciment de Boulogne.*

La tonne achetée sur bateau (prix fort).....	45 fr. »
Fret, manutention, transbordement, transport à pied d'œuvre	50 fr. »
	<hr/>
	95 fr. »
	<hr/> <hr/>

*Sable.* — Il ne faut compter, pour des volumes importants, que sur la plage située en face de Panama. Le sable y est propre et d'assez bonne qualité, quoique mélangé de débris coquilliers. La mer réparera d'ailleurs les brèches faites, assez rapidement pour que

cette carrière puisse être considérée comme inépuisable.

Aux termes d'un contrat, encore actuellement en vigueur, intervenu le 17 février 1888 entre la Compagnie du Canal et celle du Panama Rail Road (P.R.R.), cette dernière s'était engagée à fournir le sable de mer, en un point quelconque de la ligne, par wagon de 6 mètres cubes, moyennant 17 fr. 50 par mètre, l'intégralité du cube étant garantie à l'arrivée. En ajoutant 1 fr. 50 pour transport à pied d'œuvre et déchargement, on obtient le prix de 19 francs.

L'emploi combiné de ce sable avec les chaux et ciments d'Europe donnera des mortiers de bonne qualité, pouvant être évalués à 51 francs le mètre cube si l'on se contente de la chaux, et à 65 francs si on a recours au ciment, savoir :

*Mortier de chaux.*

Sable, 1 mètre cube à 19 francs.....	19 fr. »
Chaux, 400 kilos (Dosage des travaux du port de Marseille) à 75 francs.....	30 »
Façon au tonneau broyeur mù par une locomobile.....	2 »
	<hr/>
	51 fr. »
	<hr/>

*Mortier de ciment.*

Sable, 1 mètre cube à 19 francs.....	19 fr. »
Chaux, 450 kilos à 95 francs.....	42 75
(Aux travaux du port du Havre on employait 400 kilos)	
Façon.....	3 25
	<hr/>
	65 fr. »
	<hr/>

*Main-d'œuvre.* — Il existe dans l'Isthme, indépendamment des ponts du P.R.R., un certain nombre d'ouvrages assez importants, tels que les piles du pont

construit sur la dérivation R.G. n° 1 pour le passage du P.R.R., le barrage du Rio Grande au droit du kilomètre 55, le bassin de radoub de Colon, etc.

Tous ces ouvrages ont été très bien faits et sont encore dans un état remarquable de conservation, bien que quelques-uns soient déjà anciens. Le parfait état des parements et des joints est surtout frappant et doit être attribué aux conditions climatériques et à la température à peu près constante de l'Isthme. Ces divers travaux ne sont pas exclusivement l'œuvre d'ouvriers blancs ; au barrage du Rio Grande notamment, les deux tiers des maçons étaient des noirs de la Jamaïque. Cette expérience confirme l'opinion qui a été émise, à plusieurs reprises, par des personnes compétentes en présence des membres de la Délégation. D'après le colonel Rives, Directeur du P.R.R., qui, depuis plusieurs années, réside à Panama où il a dirigé des travaux importants, il est possible de former un aussi grand nombre de Jamaïcains qu'on le voudra, au travail des maçonneries, sous la direction de chefs maçons blancs. Presque tous les chantiers de cette nature pourront être protégés contre la pluie et les ardeurs du soleil, et ces conditions sont très appréciées, même par les noirs. De plus, leur salaire est doublé quand ils quittent les terrassements pour aborder les travaux spéciaux, après un stage suffisant comme « manœuvres de métier ». Dans ces conditions, il sera facile de choisir les ouvriers les plus intelligents dont on fera des maçons très suffisants, quand ils seront groupés par équipes bien surveillées.

C'est dans cette hypothèse que la journée d'un ouvrier maçon a été estimée seulement à 11 francs, celle du manœuvre étant réduite à 6 fr. 50. De plus, pour tenir compte de l'inexpérience des débutants et de l'infériorité des aptitudes des ouvriers noirs, on a admis qu'un maçon et son aide produiraient seulement 1<sup>m</sup> 40' de maçonnerie par jour.

## VI

Les prix d'application seront déduits de ces éléments par les méthodes habituelles. La composition des maçonneries et bétons est normale; il n'y a pas à la justifier. On remarquera seulement qu'au lieu de 15 0/0, comme cela est généralement admis en Europe, on a porté 35 0/0 pour frais généraux et bénéfice. Cette plus-value tient compte du prix élevé de la surveillance et de la direction, ainsi que des exigences légitimes des entrepreneurs qui s'expatrieraient pour coopérer à l'achèvement du Canal.

Voici les sous-détails de quelques prix :

*Béton avec mortier de chaux.*

0 <sup>m</sup> 80 de pierre cassée à 13 francs.....	10 fr. 40
0 <sup>m</sup> 32 de mortier à 51 francs.....	26 52
Fabrication et emploi.....	5 »
35 0/0 pour frais généraux et bénéfice.....	15 08
	<hr/>
	57 fr. »
	<hr/>

*Béton avec mortier de ciment.*

0 <sup>m</sup> 80 de pierre cassée à 13 francs.....	10 fr. 40
0 <sup>m</sup> 52 de mortier à 65 francs.....	33 80
Fabrication et emploi.....	5 »
35 0/0 environ, pour frais généraux et bénéfice.....	17 80
	<u>67 fr. »</u>

*Maçonnerie de remplissage avec mortier de chaux.*

1 <sup>m</sup> 10 de moellons à 15 francs.....	16 fr. 50
0 <sup>m</sup> 45 de mortier à 54 francs.....	22 95
Main-d'œuvre (en moyenne 7 h. de maçon à 4 fr. 40 et 7 h. de manœuvre à 0 fr. 65).....	12 25
35 0/0 environ, pour frais généraux et bénéfice.....	18 30
	<u>70 fr. »</u>

*Maçonnerie de remplissage avec mortier de ciment.*

1 <sup>m</sup> 10 de moellons à 15 francs.....	16 fr. 50
0 <sup>m</sup> 45 de mortier de ciment à 65 francs.....	29 25
Main-d'œuvre (comme ci-dessus).....	12 25
35 0/0 environ, pour frais généraux et bénéfice.....	20 »
	<u>78 fr. »</u>

*Maçonnerie de pierre de taille de Bohio.*

1 <sup>m</sup> 10 de pierre de taille à 80 francs.....	88 fr. »
0 <sup>m</sup> 15 de mortier de ciment à 65 francs.....	9 75
Bardage, pose et fichage.....	21 20
35 0/0 environ, pour frais généraux et bénéfice.....	41 05
	<u>160 fr. »</u>

Le prix moyen des maçonneries des écluses revient à 76 francs en supposant l'emploi exclusif du ciment ; celui des barrages n'en différerait pas sensiblement. A l'entreprise des écluses, on avait alloué 136 francs par mètre cube pour la maçonnerie de moellons bruts et 144 francs pour le béton, le mortier étant composé, dans les deux cas, d'une partie de ciment pour trois parties de sable (prix n<sup>os</sup> 18 et 19). Des prix équiva-

lents avaient été accordés pour d'autres travaux de maçonnerie aux entrepreneurs de la Culebra. *A priori*, on pourrait donc taxer d'optimisme les appréciations de la Commission; mais ces points de comparaison seraient mal choisis, car, à cette époque, tout était sacrifié à la rapidité promise et les ressources de l'Isthme en matériaux étaient mal connues. C'est d'ailleurs pour répondre à cette objection possible que les sous-détails ont été produits sous la forme habituellement en usage dans l'administration des travaux publics en France, mettant en évidence la quotité réservée aux frais généraux et bénéfiques, au lieu de la confondre avec la main-d'œuvre ou de faire rentrer cet élément important, par fractions, dans les prix élémentaires. Cette méthode est certainement moins sujette à erreur et permet plus facilement la critique.

Or, les prix des matériaux à pied d'œuvre, déduits de faits d'expérience, peuvent être considérés comme à peu près certains. Le dosage des mortiers et bétons correspond à de bons mortiers et bétons gras. Pour la maçonnerie, en raison de l'inexpérience des maçons, la proportion de mortier a été un peu forcée. Quant aux prix de façon, ils sont excessifs pour des mortiers et bétons fabriqués mécaniquement sur un chantier bien disposé; ils tiennent compte de tous les faux frais spéciaux à chaque chantier : surveillance, installation, matériel, etc.

Quelques faits d'expérience ont été recueillis par la Délégation et viennent confirmer les évaluations précédentes, à la seule condition de tenir compte des écono-

mles certaines et considérables que permet de réaliser l'organisation rationnelle de chantiers concentrés de l'importance des écluses ou barrages à construire.

Antérieurement à 1886, on payait environ 80 francs, par mètre cube, la maçonnerie des piliers des maisons; pour des ouvrages plus compliqués, tels que ceux de la déviation du P.R.R. vers Paraiso, de la dérivation de l'Obispo, on accordait 100 francs à des tâcherons qui réalisaient des bénéfices raisonnables. Le prix de revient du barrage du Rio Grande, travail éminemment de sujétion à tous égards, a été inférieur à 90 francs. Au pont du Mindi, au bassin de radoub de Colon, tous faux frais et bénéfice compris, on n'a guère dépassé 100 francs.

En 1888 et 1889, sur le P.R.R., des maçonneries parementées en pierres de taille ou gros moellons, sans massifs importants par derrière, ont coûté en moyenne, tout compris, 108 fr. 50. D'ailleurs, toutes les personnes qui ont été appelées à justifier, en détail, des prix de maçonnerie brute, plus élevés que celui qui a été admis par la Commission, celui de 100 francs notamment, qui, d'après la tradition, représente pour beaucoup le minimum à prévoir, ont évalué les matières premières à peu près comme cela a été fait dans cette note; seulement elles ont majoré le total d'un chiffre global correspondant à la façon, aux faux frais, aux frais généraux et bénéfices, et laissant en fait pour ces deux derniers articles une proportion de 65 à 90 0/0.

C'est en réduisant uniformément ce taux à 35 0/0 que la Commission s'est arrêtée aux prix indiqués,

les considérant comme suffisamment rémunérateurs.

A défaut de dessins détaillés ou d'ouvrages comparables, les portes d'écluses ont été évaluées à peu près au double du prix, par mètre carré, des portes les plus grandes qui aient été construites dans le même système en France.

## ARTICLE TROISIÈME

# DÉVIATION DU CHEMIN DE FER

---

### VII

Le prix kilométrique de la déviation du P.R.R. est à peu près celui qui a été indiqué par le Directeur de la Compagnie, après étude sommaire des travaux à exécuter.

---

## ARTICLE QUATRIÈME

# EXPROPRIATIONS

---

### VIII

Ce serait une erreur de croire que le sol en Colombie, aux abords du Canal et du chemin de fer, spécialement le long des cours d'eau et dans les parties inférieures des vallées, n'a qu'une valeur insignifiante, presque négligeable. La plupart des auteurs de projets pour l'achèvement du Canal se sont trompés à ce sujet et ont arbitré à des sommes beaucoup trop faibles, la valeur des terrains submergés par les futurs lacs. Il n'est même pas possible de faire cette évaluation en attribuant *à priori*, pour ainsi dire, une valeur moyenne à l'hectare, car l'organisation de la propriété rurale dans l'Isthme et son mode habituel de mise en valeur différent complètement de ce qui existe dans nos pays

européens; quelques explications sommaires à ce sujet sont indispensables.

Aux termes de l'article 1<sup>er</sup>, § 9 de la loi de concession, les expropriations demandées par la Compagnie du Canal ont, par ce fait même, un caractère d'utilité publique, mais c'est au Gouvernement qu'il appartient de poursuivre l'expropriation avec toutes les formalités exigées par les lois colombiennes. Le mécanisme de la procédure à suivre est très simple en théorie; mais, en fait, les délais peuvent être allongés par les défenseurs, souvent d'une manière interminable. La Compagnie a essayé cette méthode à deux reprises différentes en 1884, et les résultats ont été assez concluants pour la faire condamner.

Aussi, généralement, a-t-on traité à l'amiable avec les intéressés, sans avoir égard à la limite des emprises, en négociant l'acquisition de la totalité de leurs propriétés.

La Compagnie s'est ainsi constitué, le long du Canal, un domaine de 14 à 15.000 hectares assez inégalement répartis, qui lui a coûté en moyenne 100 à 120 francs par hectare, domaine qui depuis cette époque a été mis en valeur, au moins en partie, et donne un certain revenu. Pour l'avenir, en estimant les terrains à acquérir au prix de 200 francs par hectare pour *achat du sol*, on peut espérer être à l'abri de tout mécompte.

Mais ce n'est pas là, à beaucoup près, le seul élément de dépenses à prévoir: en effet, par suite des facilités accordées aux tiers par les lois colombiennes, presque partout les cultures et plantations situées dans le voisi-

nage du Canal et du chemin de fer, destinées à être inondées, sont exploitées par des individus qui ne sont pas propriétaires du sol. L'État Colombien possède là de vastes étendues de terrains domaniaux « *tierras baldías* » généralement incultes, sur lesquels il est loisible à toute personne de s'installer pour en défricher et mettre en valeur une parcelle.

D'autres lots appartiennent depuis les guerres de l'Indépendance à des familles qui les ont obtenus à titre de récompense nationale et qui ont ignoré ou autorisé le défrichement par des tiers. Enfin, une partie du Domaine du Canal même a été mise en valeur par des locataires qui, depuis la crise de Janvier 1889, ne pouvant plus écouler leurs produits, ne payent plus de redevance, sans qu'il soit possible de les expulser *manu militari*. Sur d'autres points, les ouvriers sans travail se sont installés à l'insu même de la Compagnie. A tous ces occupants, la loi colombienne reconnaît formellement le droit d'être indemnisés par ceux qui viennent troubler leur jouissance. D'après l'article 1<sup>er</sup> de la loi du 21 juin 1874 (loi applicable aujourd'hui à toute la Colombie), tout individu occupant des terres incultes qui appartiennent encore à la nation (*tierras baldías*) acquiert, par le fait même qu'il les défriche, un droit de propriété sur ces terrains ; d'autre part (art. 6 de la même loi), quand un « colon » a occupé pendant plus d'un an, sans être troublé, les terres incultes appartenant à des particuliers, ces terres sont réputées « *baldías* », quant aux effets de la possession, et le colon ne peut être évincé sans indemnité ; le droit du propriétaire

se réduit à ceci : qu'il peut, soit s'emparer de la plantation en traitant avec le cultivateur, soit obliger celui-ci à lui payer un loyer. Sans doute, si une Compagnie nouvelle se forme pour mettre à exécution un projet déterminé comportant la submersion de surfaces importantes, il lui sera facile, en prenant à l'avance ses précautions, de réduire le montant des indemnités à payer aux locataires de son propre domaine, mais il y aura par contre bien des imprévus auxquelles il faudra faire face et il est sage de n'établir, au point de vue spécial qui nous occupe, aucune distinction entre les terrains cultivés, quelle que soit la qualité du propriétaire.

La quotité des indemnités varie avec la nature de la culture, d'après un tarif admis par tous ; dans l'Isthme, elle s'élève jusqu'à 1.200 francs par hectare pour les bananes et les cannes à sucre qui sont les cultures courantes aux abords du Canal. Il n'y a aucun doute à ce sujet, car la Compagnie du Canal a déjà payé de ce chef près d'un million de francs, en se basant sur ce tarif. Enfin, on peut admettre, pour compter largement, que les  $\frac{3}{4}$  du sol inondé par les lacs sont cultivés, de sorte qu'il faut prévoir, en moyenne, 900 francs par hectare.

En outre, il ne faut pas oublier les indemnités spéciales à allouer aux propriétaires des constructions situées sur les terrains inondés et, dans l'hypothèse admise de lacs étagés, c'est là un élément prépondérant du total à prévoir, car plusieurs villages, dont quelques-uns importants, sont appelés à disparaître.

Appliquons ces principes au projet d'après lequel la Commission a évalué les dépenses.

- 1° *Indemnités aux propriétaires du sol.* — La surface totale inondée est d'environ 4.000 hectares, dont 1.000 pour le lac inférieur et 3.000 pour le lac supérieur, y compris le remous dans la vallée du Chagres à l'amont de Gamboa. L'indication des surfaces n'est d'ailleurs et ne peut être qu'approximative, car on ne possède aucun plan bien exact pour la contrée qui s'étend à une certaine distance du Canal ; entre Bohio et San Pablo, les limites des terrains submergés, spécialement dans les vallées secondaires où la pente est très faible, sont mal déterminées. Sur le chiffre total de 4.000 hectares, 1.900 appartiennent à la Compagnie du Canal et 300 au Gouvernement Colombien, soit 2.200 qu'il ne sera pas nécessaire d'acheter. Restent 1.800 hectares représentant, à raison de 200 francs par hectare . . . 360.000 fr.
- 2° *Indemnités aux personnes ayant établi des plantations ou des cul-*
- 
- A reporter . . . . .* 360.000 fr.

*Report*. . . . . 360.000 fr.

*tures sur des terrains inondés.* —

Des 4.000 hectares il y a lieu de déduire 75 hectares environ, occupés par les villages ou les agglomérations bâties, cet élément de dépenses devant être ensuite examiné à part. Restent 3.925 hectares pour lesquels, au prix moyen de 900 fr., il y a lieu de compter . . . . .

3.532.500 »

3° *Indemnités aux personnes ayant bâti des maisons sur les terrains inondés.* — Les agglomérations submergées sont les suivantes : Buena Vista, Frijoles, Tavernilla, San Pablo, Maméi, Juan Grande, Gorgona, Matachin, Las Palmitas, Bas et Haut Obispo, Santa Cruz, Gamboa et Cruces.

L'estimation détaillée pour chaque maison et rancho<sup>1</sup> a été faite autrefois par le service du domaine de la Compagnie à Panama, lorsqu'on a voulu se rendre compte de l'indemnité à payer pour la submersion des villages de Matachin et de Las Palmitas, villages qui devaient dispa-

---

*A reporter*. . . . . 3.892.500 fr.

1. Sorte de cabane en bois construite par les indigènes.

*Report*..... 3.892.500 fr.

raître, dans le projet à écluses. D'après les bases ainsi déterminées et le nombre des constructions existantes, on a arbitré la valeur des autres agglomérations, en admettant pour Tavernilla, San Pablo et Gorgona, centres relativement importants et habités par des commerçants, les prix unitaires trouvés à Matachin, tandis qu'une moyenne un peu inférieure était acceptée pour les autres villages assimilés à celui de Las Palmitas.

Voici les résultats obtenus :

TAVERNILLA : 83 maisons, 26 ranchos.	1.165.000 fr.
SAN PABLO <sup>1</sup> : 119 maisons, 15 ranchos.	1 648.000 »
GORGONA : Évaluation globale.....	2.000.000 »
MATACHIN : 154 maisons, 214 ranchos.	2.335.000 »
BUENA VISTA : 78 maisons, 10 ranchos	795.000 »
FRIJOLES : 20 maisons. ....	201.000 »
MAMÉI : 23 maisons, 12 ranchos....	264.000 »
JUAN GRANDE : 40 maisons, 15 ranchos.	418.000 »
LAS PALMITAS ET BAS OBISPO : 56 mai- sons, 3 ranchos. ....	425.000 »
HAUT OBISPO : 85 maisons, 13 ranchos.	870.000 »

*A reporter*..... 14.013.500 fr.

1. La partie haute du village ne sera pas submergée, mais restera enclavée; elle devra donc disparaître également.

<i>Report</i> .....	14.013.500 fr.
SANTA CRUZ : 30 maisons.....	302.000 »
GAMBOA : 4 maisons, 50 ranchos.....	50.000 »
CRUCES : 150 bâtiments de nature in- termédiaire entre la maison et le rancho.....	480.000 »
TOTAL.....	<u>14.845.500 fr.</u>

On obtient ainsi un total général de 14.845.500 fr. qui a été porté à 16 millions dans l'estimation, pour tenir compte des ranchos isolés et des petites agglomérations non évaluées en détail, parmi lesquelles, dans la vallée du Haut Chagres : Palo Grande, Pihiva, la Contadora, Chilibre, El Limon, etc...

La Commission a compris dans ces évaluations, outre la valeur propre des immeubles, l'indemnité équitablement due en raison même de la vente forcée, ainsi que le dommage spécial causé aux commerçants. Le tout est assez largement calculé pour prévenir tout mécompte, autant qu'on peut le faire en pareille matière où, l'expérience le démontre, les prévisions jugées les plus favorables aux intéressés sont souvent dépassées. Aussi, quelque énorme que le total obtenu puisse paraître, il a semblé prudent de le porter en compte sans réduction.

Il faut enfin signaler pour mémoire que, sur les terrains inondés, se trouvent des constructions appartenant à la Compagnie, qui, d'après l'inventaire du 30 juin 1886, représentent une valeur totale de 2.173.984 francs.

On a admis, en effet, que la nouvelle Compagnie serait substituée à l'ancienne, dont elle aurait acquis l'actif immobilier, et que par suite il n'y a aucun déboursé supplémentaire à prévoir. Du reste, à l'époque où les inondations seront réalisées, les travaux seront terminés, et les constructions appelées à disparaître, indispensables pendant la période des travaux, seront devenues inutiles.

Les expropriations ne seront pas une des moindres difficultés de la Société nouvelle et il serait désirable que le Gouvernement Colombien voulût bien s'intéresser au succès de ces opérations. Dans de nouvelles négociations, on pourra chercher sous quelle forme cette intervention est réalisable; l'idéal serait évidemment que le Gouvernement lui-même, moyennant une somme fixée à l'avance, consentît à se substituer à la Compagnie.

**CANAL INTEROCÉANIQUE  
DE PANAMA**

---

**Commission d'études instituée par le Liquidateur  
de la Compagnie universelle**

---

IV

**PORTS DE COLON ET DE PANAMA**

TRAVAUX DE DÉBOUQUEMENT



## PORTS

# DE COLON ET DE PANAMA

### TRAVAUX DE DÉBOUQUEMENT

---

#### I

#### PORT DE COLON

La baie de Limon, ouverte au nord sur une côte où les vents du nord au nord-est sont généralement frais, surtout en décembre et janvier, et soufflent quelquefois en coup de vent, ne forme point une rade sûre : la tenue, sur un fond de vase liquide, y est très mauvaise à l'entrée ; à l'intérieur, le meilleur mouillage est par les fonds de 9 à 10 mètres, à 1/2 mille des wharfs ; mais il ne peut guère convenir aux grands bâtiments, et, plus en dedans, on risque de mouiller sur des ancrs et des chaînes qui ont dû être abandonnées précipitamment à l'approche des gros temps. Amarrés aux wharfs qui, au nombre de six, sont établis sur pilotis en bois ou sur pieux en fer à la côte ouest de l'île Manzanillo, les paquebots sont exposés à casser leurs amarres. Les

raz de marée qui, souvent par temps calme, donnent une mer énorme du N.-O., les obligent même quelquefois à chercher un refuge à Porto-Bello. Pendant le coup de vent des 2, 3 et 4 décembre 1885, les dix-huit navires à voiles mouillés sur rade ont chassé sur leurs ancres; sur quatre vapeurs, deux ont chassé, un a cassé ses chaînes et le quatrième a déradé.

Afin d'offrir un abri aux bâtiments chargés pour la Compagnie du Canal, celle-ci a établi, à la côte sud de l'île Manzanillo, un large terre-plein en forme de musoir qui protège assez bien l'entrée du Canal ouverte dans la petite baie de Fox River.

La mer monte d'environ 0<sup>m</sup> 40 en moyenne dans la baie de Limon, mais il n'y a pas de marées régulières; les vents frais du large produisant des dénivellations qui, dans certains cas, peuvent atteindre un mètre.

Les courants, généralement faibles, sont aussi très influencés par les vents. Au nord du phare construit à la pointe de l'île Manzanillo, le courant en temps calme porte au nord avec une vitesse de 1/4 de mille; il se dirige à l'ouest avec les vents frais du nord-est. Dans l'intérieur de la baie, à l'ouest du terre-plein de Christophe-Colomb, la direction est du nord-ouest et la vitesse toujours inférieure à un demi-mille. Enfin, à deux milles au nord de la Pointe du Toro qui limite à l'ouest l'ouverture de la baie, le courant porte généralement au nord-est ou à l'est-nord-est avec une vitesse d'un mille à l'heure; plus près de terre, il se dirige vers l'intérieur de la baie.

De ces observations que la Délégation a faites elle-

même et des renseignements qui lui ont été fournis par les pratiques de la localité et par divers capitaines de navires, on peut conclure que deux courants se rencontrent au nord du phare : l'un, nommé courant du Río Magdalena, vient de l'est, pénètre en partie dans la baie en longeant les wharfs, mais ne tarde pas à retourner au large sous l'impulsion d'un courant littoral opposé, généralement plus fort, qui vient de l'ouest entraînant les eaux du Chagres ; une branche de ce dernier contourne la Pointe du Toro et pénètre dans la baie de Limon en suivant la côte de Kenny's Bluff ; elle remonte ensuite la côte est en emportant les eaux du Mindi et de la portion actuellement ouverte du Canal, et refoule le courant côtier qui, au large, continue à porter à l'ouest après avoir été dévié au nord puis au nord-ouest.

Les deux levés de la baie, exécutés en 1881 et 1887, accusent un exhaussement des fonds à la partie sud et le long de la plage du Mindi qui paraît s'être avancée de 50 mètres environ dans les dernières années. Il faut, croyons-nous, chercher la cause de ces changements de profondeur et de forme dans le dépôt, au milieu de la baie (à 2 kilomètres environ dans le nord-est de Kenny's Bluff et par des profondeurs qui, de 7 mètres en 1881, sont réduites à moins de 5 mètres), des déb'ais provenant des dragages au clapet de la partie du Canal voisine de son embouchure. Les matières en suspension dans le nouveau lit ouvert au Chagres s'accusent bien, jusqu'à l'ouvert de la baie, par la teinte grise des eaux de surface, mais elles sont assez légères pour rester en suspension et obéir à l'action de la houle et des cou-

rants qui les entraînent au large ; à une faible profondeur, la Délégation a trouvé les eaux parfaitement limpides, et, de même que l'ancienne embouchure du Chagres dans la baie voisine n'a subi, depuis 1840, aucune modification importante quoique le courant littoral n'y atteigne jamais une vitesse égale à celle de la rivière elle-même, de même aucun ensablement ni envasement n'a été signalé depuis l'ouverture de la portion de Gatun à la mer qui livre aujourd'hui passage à une notable portion des eaux du Chagres et de ses affluents. On peut donc penser que si l'on conserve au Chagres son ancienne embouchure, et que si le projet adopté comporte des lacs dans lesquels puissent rester les matières lourdes, on n'aura point à redouter de dépôts importants dans la baie de Limon.

Les décharges provenant de déblais sont, au contraire, formées de matières meubles qui ne peuvent être entraînées au large par la lame et les courants, mais qui, obéissant en partie à leur action, se portent au fond et à l'est de la baie. Ces apports s'accusent bien à la côte du Mindi qui est vaseuse comme les fonds de Folk's River et de la partie maritime du Canal, tandis que, partout ailleurs, la plage est formée d'un sable marin mélangé de coquilles. A l'heure actuelle ces dépôts ne se sont point étendus au nord jusqu'à menacer l'entrée du Canal ; mais si les travaux de dragage devaient comprendre, outre l'approfondissement du chenal déjà creusé, l'établissement d'un vaste bassin et s'étendre par conséquent à un nombre considérable de mètres cubes, il conviendrait certainement de renoncer

aux décharges au milieu de la baie et de vider les clapets soit dans le Chagres à la partie la plus voisine de son embouchure, soit mieux encore au large de la Pointe du Toro.

Nous avons dit que la baie de Limon n'offrait pas, avec les vents frais du large, un mouillage ni un abri suffisants; il sera donc indispensable de créer à l'embouchure du Canal un port de refuge ou d'attente où les navires pourront accoster pour faire du charbon, prendre ou laisser certaines marchandises et où il leur sera permis d'entrer à toute heure du jour et de la nuit pour attendre en calme le moment de traverser d'une mer à l'autre. Il faut d'ailleurs prévoir les cas d'interruption du passage par suite d'échouage, d'avarie des écluses et d'autres accidents qui pourraient provoquer la réunion simultanée d'un nombre élevé de bâtiments à l'entrée du Canal et leur stationnement pendant quelques jours.

Le plan du canal à niveau, adopté en 1883 par la Compagnie, comportait un vaste avant-port de 2 kilomètres et demi de longueur et de 600 mètres de largeur avec une profondeur de 9 mètres au-dessous du niveau moyen. L'entrée de ce port, large de 200 mètres, devait être comprise entre le musoir du terre-plein de Christophe-Colomb et une jetée en forme d'équerre reliant à la côte opposée les récifs madréporiques qui limitent Folk's River à l'ouest. Sur la côte est on devait établir des wharfs, des quais, des bassins de radoub<sup>1</sup>.

1. La seule forme de radoub qui ait été construite sur la côte est de Folk's River n'a que 10 mètres de large, 50 mètres de long et 5 mètres de tirant d'eau; elle ne peut être utilisée que pour le matériel flottant.

Nous croyons que, en raison de la situation financière de l'entreprise, on devra se borner, pour le moment, à établir un simple bassin de garage à l'embouchure du Canal en creusant à 9 mètres de profondeur, sur une largeur moyenne de 250 mètres et une longueur d'un kilomètre environ, la partie comprise entre l'extrémité sud du petit port naturel de Folk's River et le point kilométrique 0,800. Le fond naturel paraît y être de corail recouvert de vase sur une épaisseur variable.

C'est à l'angle sud-ouest de ce bassin que s'ouvrirait le bief maritime du Canal; l'accès du côté du large serait assuré par un chenal de 100 mètres de largeur dont l'axe, d'un rayon d'au moins 1.200 mètres, pourrait être fixé à 75 mètres du talus du musoir du terreplein; ce chenal relierait le bassin aux fonds naturels de 9 mètres de la baie de Limon.

Sur la rive droite, les talus seraient à l'inclinaison de 3 de base sur 1 de hauteur pour faciliter l'épanouissement de la lame. Sur la rive gauche, on établirait, de part et d'autre du petit bassin de radoub, des wharfs en charpente que les navires pourraient accoster pour faire leur charbon, prendre ou débarquer du matériel, etc. Peut-être serait-il plus économique encore de s'en tenir, pour le moment, à de simples talus perreyés en pierres sèches jusqu'à un mètre audessous du niveau de la mer; les navires accosteraient alors des pontons et des pontons grues.

Les terrassements à exécuter pour le curage de ce bassin peuvent être évalués à environ 2.070.000 mètres cubes; ceux du chenal d'accès à 900.000 mètres cubes.

Le petit port naturel de Folk's River, qui a déjà des fonds de 4 mètres, serait conservé et servirait de réserve pour les chalands et pour le matériel de dragage, ainsi que la partie de l'avant-port comprise entre le chenal d'accès et le talus du terre-plein de Christophe-Colomb.

Nous ne pensons pas qu'il y ait lieu, ni maintenant ni plus tard, de prévoir la construction d'une jetée du côté de tribord en entrant, parce qu'un pareil ouvrage présenterait, selon nous, plus d'inconvénients que d'avantages. Le haut-fond de corail qui est à peu près au niveau de la mer et sur lequel on se proposait, dans le projet de 1883, d'appuyer le môle coudé, brise bien les lames du large qui dépassent le musoir du terre-plein; il est rare que celles qui pénètrent dans l'avant-port actuel rendent l'accostage difficile sur la côte est; mais si l'on entravait, par des ouvrages à parois verticales, la libre propagation de la houle, on risquerait de produire du ressac à l'entrée et dans l'intérieur même du port.

Le bassin de garage que nous venons d'indiquer et dont le besoin s'imposera le jour même de l'ouverture du Canal à la navigation, n'a qu'une surface de mouillage de 25 hectares environ qui deviendra insuffisante dès que le trafic aura pris un développement important; il faudra alors l'agrandir en lui donnant plus de longueur et plus de largeur, le munir de quais, construire un bassin de radoub où les plus grands navires puissent réparer leurs avaries, reporter peut-être sur la rive ouest le parc à charbon et ses appontements pour

les placer *sous le vent*. Mais toutes ces améliorations devront être différées jusqu'au jour où il sera possible de prélever, sur les bénéfices de l'exploitation, les dépenses qu'elles nécessiteront.

Les marins qui fréquentent le port de Colon s'accordent à demander, pour l'atterrage de nuit, l'établissement d'un phare de grande portée sur l'îlot le *Farallon de Sucio* situé un peu à l'ouest de la Pointe Manzanillo, à 25 milles environ dans le N.-E. de Colon; mais nous pensons qu'on pourra, en attendant une époque de prospérité, se contenter du feu de petit atterrage de Colon qu'il sera toutefois utile de surélever de quelques mètres pour le rendre visible de douze à quinze milles.

Deux feux de direction élevés l'un sur le musoir du terre-plein, l'autre sur la côte est du bassin de garage, donneront l'alignement à suivre pour faire le chenal d'accès. Des bouées lumineuses rouges à tribord, vertes à bâbord et distantes d'environ 200 mètres, baliseront le chenal ainsi que l'entrée du Canal; des balises limiteront les talus mêmes du bassin.

II

PORT DE PANAMA

La rade de Panama offre un abri sûr en tous temps ; la tenue sur fond de vase mélangée de sable, de coquilles brisées et de madrépores y est excellente ; la houle n'y fatigue jamais ; mais les profondeurs sont faibles près de la côte et la ligne des fonds de 9 mètres qui passe à la limite sud du groupe des îles Naos, Perico et Flamenco, reste à 3 milles environ de l'embouchure du Rio Grande où s'ouvre le Canal maritime. Aussi a-t-il fallu creuser, à partir de la Boca, un chenal de 7 kilomètres de longueur atteignant le mouillage ordinaire des grands bâtiments où ils sont à l'abri des vents de sud et de sud-ouest qui, dans la saison des pluies, sont quelquefois assez violents. Dans la saison sèche, au contraire, les vents du nord prédominent et sont souvent frais, surtout au sud du golfe de Panama.

Les marées sont très régulières ; l'amplitude maximum observée a été de 6<sup>m</sup>88 aux équinoxes ; elle ne dépasse pas 5<sup>m</sup>70 aux syzygies ordinaires et descend quelquefois à 4<sup>m</sup>20 en quadratures. Le marégraphe installé à l'île Naos a son zéro à 0<sup>m</sup>60 au-dessus des plus basses mers observées ; le niveau moyen correspond à la cote 2<sup>m</sup>83 de l'échelle ; il paraît être de 0<sup>m</sup>20 plus élevé à Panama qu'à Colon.

Les courants de marée sont assez forts entre les îles et l'embouchure du Rio Grande; le courant de flot pénètre entre Naos et la Pointe Guinea et porte au nord-nord-ouest avec une vitesse qui peut dépasser 2 milles dans les grandes marées; les eaux remontent le Rio Grande jusqu'au kilomètre 63 et inondent le manglar dont la cote générale est inférieure à celle des hautes mers; après l'étale de flot, généralement de peu de durée, les eaux abandonnent le manglar et le courant descendant, accru de celui de la rivière, atteint, entre deux heures et quatre heures après la pleine mer, des vitesses que l'on peut évaluer à 3 milles dans les vives eaux, surtout à l'époque des grandes crues d'octobre. Au delà de la Boca, le jusant continue à porter à peu près dans la direction du chenal maritime, c'est-à-dire au sud-est, en diminuant peu à peu de vitesse; au large de Perico, il porte au sud et au sud-ouest.

Le fond, dans les parties voisines du chenal maritime, est de sable noir et de sable vaseux mélangé de petits graviers et de coquilles brisées depuis la Boca jusqu'à 3 kilomètres au large; de vase grise mêlée d'un peu de sable et de coquilles brisées entre les kilomètres 70 et 74,500; mais, à quelques centimètres au-dessous de la couche de sable vaseux, on ne trouve partout que de la vase. Quelques seuils rocheux se rencontrent encore entre les kilomètres 69 et 70, à des profondeurs voisines de 4 mètres; ils paraissent être la continuation des récifs qui émergent sur la rive gauche du Canal, près du kilomètre 69, et forment les parties élevées d'une chaîne

qui, à peu de profondeur au-dessous des bancs de sable, relie le massif du cerro Sosa à celui de la Pointe Farfan.

Les dragages effectués jusqu'au moment de l'interruption des travaux devaient donner un chenal de 50 mètres de largeur au plafond et de 9 mètres de profondeur, avec des talus de 3 de base pour 1 de hauteur.

Pour se rendre compte de l'état de ce chenal, la Délégation a fait lever, au commencement de février 1890, outre de nombreux profils en travers, un profil en long depuis le kilomètre 69 jusqu'au kilomètre 73 suivant l'axe même, et, à 25 mètres à droite et à gauche de cet axe, deux profils latéraux s'étendant à 100 mètres à l'amont et à 100 mètres à l'aval du point kilométrique 72,515 où se trouve la tranchée des deux câbles télégraphiques partant de Panama. Si un travail analogue avait été exécuté antérieurement, au moment de l'interruption de l'entreprise, il eût été facile de constater les changements survenus dans la cuvette abandonnée à elle-même; mais il n'en a pas été ainsi, le profil sur l'axe n'ayant été déterminé qu'à l'aide des sondages d'avancement journalier des dragues; ce procédé éminemment défectueux, en usage d'ailleurs dans tous les travaux de dragage que l'on exécute en mer, donne généralement des profondeurs plus grandes qu'elles ne le sont en réalité et ne permet pas la comparaison de deux états différents. Il semblerait, en mettant la situation accusée en novembre 1888 en regard de celle qui résulte du profil levé directement en février 1890, que les fonds, partout où la roche n'était pas à nu, se

soient relevés de plus de 2 mètres en moyenne, et même en certains points de 3<sup>m</sup>80; entre les kilomètres 70 et 73, la profondeur actuelle sur l'axe varie entre 4<sup>m</sup>50 et 6<sup>m</sup>50 au-dessous du zéro du marégraphe de Naos. Les profils en travers montrent que les talus se sont éboulés et que la cuvette s'est considérablement évasée au détriment de la profondeur. Sur l'axe même, la tranchée des câbles s'accuse encore par une dépression de 2 mètres que l'on ne retrouve cependant pas dans les profils latéraux distants seulement de 25 mètres de l'axe.

On peut se demander si le dragage a jamais atteint les profondeurs de 8<sup>m</sup>50 à 9 mètres indiquées par les rapports journaliers; mais ce qui paraît certain, c'est qu'il s'est produit un comblement partiel de la cuvette par suite de l'éboulement des berges et des apports du courant de flot qui, ainsi que nous l'avons dit plus haut, prend le Canal en écharpe et y jette une partie des matières qu'il charrie. Ces matières peuvent provenir, soit de l'érosion des bancs de sable des pointes de Farfan et de Guinea et de la vase superficielle des fonds naturels, soit des déblais de curage déchargés entre la côte et l'île Naos ou même au sud de cette île, mais trop près de son extrémité ouest; le courant de flot trouvant, avant d'atteindre le chenal, des dépôts faciles à écrêter, doit évidemment les entraîner en partie, surtout à l'époque des grandes marées, et les déposer ensuite dans une tranchée profonde qu'il rencontre sur sa route et d'où l'action du jusant est impuissante à les chasser.

Des sondages exécutés le 3 février 1890, à 200 mètres de part et d'autre de l'axe, ont en effet accusé, même sur la rive gauche et jusqu'au delà du point kilométrique 72, des terres, des graviers et jusqu'à des débris végétaux provenant des curages effectués à l'embouchure du Canal. La partie de la rade de Panama située à l'ouest de l'île Naos était donc aussi mal choisie que possible pour la décharge des clapets; elle devra être sévèrement interdite désormais; celle qui est située au sud des îles Naos et Perico dans l'est de l'îlot Culebra, est, au contraire, tout indiquée pour cet objet. Toutefois il ne faut pas oublier que, entre la côte et les îles, quoique les fonds de vase et de sable soient compacts et de bonne tenue et que la mer soit rarement assez forte pour les mettre en suspension, le courant de flot, avec des vitesses pouvant dépasser 2 milles à l'heure (plus de 1 mètre par seconde), sera toujours une cause de danger pour la conservation des talus et des profondeurs; peut-être sera-t-il nécessaire de protéger cette partie du Canal maritime à l'aide d'une digue longitudinale s'enracinant à la Pointe Farfan et se dirigeant vers Naos pour se relier même à cette île; l'expérience seule permettra de se prononcer sur l'urgence d'un pareil ouvrage et sur la longueur à lui donner. Il conviendra d'achever d'abord le curage du chenal à 9 mètres au-dessous des basses eaux de syzygies ordinaires, en procédant rapidement et sans interruption, car, pendant toute la période où le travail de la drague produira des creux et des bosses, il y aura tendance au nivellement et par suite au comblement partiel de la cuvette. Si,

quand on aura enlevé le nombre de mètres cubes nécessaire pour atteindre les dimensions fixées, on reconnaît que les profils ne peuvent être maintenus, on devra se résoudre à établir une digue sur la rive droite. La tranquillité à peu près permanente de la baie permettra de construire cette digue en pierres perdues et de l'araser au niveau des pleines mers de mortes eaux. Dans tous les cas, cet ouvrage de protection rentre dans la catégorie des travaux de deuxième urgence.

Nous ne pensons pas, eu égard à la direction du courant de jusant, qu'il soit jamais nécessaire de protéger le côté opposé du Canal par une digue analogue.

Comme ouvrage de première nécessité à exécuter avant l'ouverture du Canal, il convient de prévoir à Panama, ainsi que nous l'avons fait à Colon, un bassin de garage et de chargement. Les paquebots du Pacifique mouillent devant les îles Perico et Naos où les vapeurs du Panama Rail Road vont prendre et transporter les passagers et les marchandises, et la rade de Panama est tellement sûre que les bâtiments se présentant pour traverser pourraient attendre au large le moment d'entrer dans le Canal ; mais il faut que les navires à vapeur puissent prendre du charbon à leur sortie et stationner au besoin pendant quelques heures pour réparer de légères avaries ; il importe en outre, si l'on veut éviter des retards qui seraient préjudiciables au trafic, d'assurer le croisement entre l'écluse de Miraflores établie au kilomètre 62 et le débouché du Canal dans la rade au kilomètre 75,500. Il paraît donc nécessaire, à tous les points de vue, de ménager devant

la Boca un bassin de garage où les bâtiments puissent faire leur charbon et effectuer même les réparations les plus urgentes et leurs opérations de chargement et de déchargement à proximité de l'embranchement du chemin de fer.

Ce bassin, de 9 mètres de profondeur, aurait, sur une largeur de 250 mètres nécessaire à l'évitage, une superficie de 16 hectares qui suffirait probablement pendant les premières années. Il nous paraîtrait bien placé à l'embouchure du Rio Grand, c'est-à-dire sur la rive gauche du Canal, entre les points kilométriques 68, 300 et 69; afin de pouvoir être creusé à la drague, il se limiterait, au pied du cerro Sosa, à la ligne où l'on rencontre la roche à la cote 11 au-dessous du niveau moyen. Les déblais serviraient à l'établissement d'un terre-plein à l'aval des cales de montage de la Boca. Des débarcadères flottants et des plans inclinés permettraient d'effectuer les opérations à toute heure de la marée.

Plus tard, c'est-à-dire lorsque l'activité du trafic l'exigera, on pourra construire des quais, des cales, des bassins de radoub, en un mot transformer ce bassin provisoire en un véritable port sur le Pacifique avec tout l'outillage que réclame un commerce maritime important.

Afin d'assurer l'accès du Canal pendant la nuit, on établira un phare à grande portée sur le petit îlot San José, extrémité est du groupe des îles Naos et Flamenco; dans la suite on reconnaîtra probablement l'utilité d'éclairer le passage à l'ouest des îles des Perles à l'aide d'un feu

de grand atterrage allumé sur l'île Bona, à 21 milles environ au sud de San José.

Au débouché du Canal dans la rade, c'est-à-dire vers le kilomètre 75,500, on mouillera un bateau-feu sur lequel on pourra établir le poste des pilotes. Le chenal maritime sera jalonné par des balises et des bouées lumineuses.

---

Dans cette étude des travaux de débouquement comme dans toutes celles auxquelles elle a dû se livrer, la Commission s'est imposé comme règle absolue l'obligation de réduire les dépenses de premier établissement au strict nécessaire. L'intérêt que présenterait la création de ports vastes et bien outillés aux deux extrémités d'un canal maritime à écluses ne lui a point échappé : elle est convaincue que de tels ports, sur des côtes qui n'offrent encore que peu de ressources à la navigation, constitueraient une source importante de revenus et contribueraient puissamment à attirer le commerce maritime dans la nouvelle voie ouverte entre les deux Océans ; mais il lui a paru qu'il importait, avant tout, de ne pas accroître les charges déjà si lourdes qu'une nouvelle Société devra s'imposer pour arriver à faire passer librement et en toute sécurité les navires d'une mer à l'autre. La Commission a donc pensé qu'il convenait de différer tous les travaux qui ne sont pas de première urgence et dont l'exécution ne semble pas devoir être sensiblement plus coûteuse ni plus difficile

après que le Canal sera ouvert à l'exploitation. Tant que le trafic n'aura pas atteint une très grande activité, les besoins de la navigation seront moins grands et moins nombreux; le jour où ils s'imposeront à la nouvelle Compagnie, c'est que l'entreprise sera entrée dans une ère de prospérité telle qu'il sera possible de prélever sur les bénéfices annuels de l'exploitation les sommes nécessaires à l'amélioration et à l'achèvement de tous les travaux jugés utiles. Ces dépenses seront alors justifiées; elles seraient, avant cette époque, imprudentes et de nature à compromettre le succès de l'œuvre tout entière.



# CANAL INTEROCÉANIQUE

DE PANAMA

---

Commission d'études instituée par le Liquidateur  
de la Compagnie universelle

---

V

## ÉTUDE DU TRAFIC

DÉPENSES — RECETTES — REVENUS PROBABLES

## NUMÉROS ET TITRES DES CHAPITRES

DE PANAMA

Préambule.

- I. — Dépenses d'entretien, d'administration et d'exploitation.
- II. — Base de l'évaluation du transit. — Définition du tonneau de jauge pris pour unité.
- III. — Division du commerce maritime en quatre groupes géographiques. — Calcul de l'économie due à la réduction dans la durée des voyages.
- IV. — Valeur de la marchandise rapportée au tonneau de jauge.
- V. — Évaluation, pour chacun des quatre groupes, du commerce susceptible de passer par le Canal Interocéanique.
- VI. — Chiffre probable du transit dans les premières années qui suivront l'ouverture du Canal.
- VII. — Recettes brutes et recettes nettes probables.

Pièces annexes.

# ÉTUDE DU TRAFIC

---

## DÉPENSES — RECETTES — REVENUS PROBABLES

---

La Commission a évalué :

1° A 580.000.000 de francs les dépenses de construction proprement dite, c'est-à-dire les travaux restant à exécuter pour achever le Canal à écluses;

2° A 10 % de ce chiffre, soit 58 millions, les frais généraux du personnel de surveillance et d'administration;

3° A 5 % du capital total à émettre le montant des frais de constitution de société, d'émission, de courtage, etc., etc<sup>1</sup> ;

4° A 24 % en moyenne de ce même capital les intérêts, à 6 % l'an, à lui servir pendant la période de huit

1. De 1881 à 1889, les frais d'émission se sont élevés, pour la Compagnie de Panama, à 83.000.000 de francs, soit environ 6 % du capital souscrit; lors de la dernière émission ils ont dépassé 10 %.

années de construction, période sur laquelle les appels de fonds devront être échelonnés.

Elle est arrivée ainsi à une dépense totale de 900.000.000 de francs.

Supposant ces prévisions réalisées et le Canal livré à l'exploitation, à l'expiration du délai de huit ans, nous allons, par la comparaison des dépenses d'entretien et d'exploitation avec les recettes probables du trafic, chercher à évaluer la valeur du revenu qui pourrait être annuellement réparti entre les divers souscripteurs de l'entreprise.

## Dépenses d'entretien, d'administration et d'exploitation.

La Commission a d'abord estimé directement ces dépenses, puis elle a contrôlé les résultats obtenus par une comparaison avec le Canal de Suez, le seul d'ailleurs qui s'offrit à son étude.

Elle a ainsi reconnu qu'après l'enlèvement des 42.400.000 mètres cubes restant à extraire pour l'achèvement de la cuvette, des bassins et garages, des dérivations, des fouilles des écluses, la valeur totale des terrassements (nouveaux et anciens), utilisés pour l'ouverture du Canal à écluses, pourrait être estimée à environ 400.000.000 de francs.

En comptant  $1/2$  %, soit 2.000.000, pour l'entretien de ces terrassements, et 1.000.000 pour le dragage des biefs et le curage des écluses, l'entretien des dragues et le fond de renouvellement du gros matériel, on arrive à une dépense annuelle de 3.000.000 de francs.

Ce chiffre est justifié d'ailleurs par la comparaison avec ce qui se passe au Canal de Suez dont la longueur

est de 162 kilomètres au lieu de 74, et où 75.000.000 de mètres cubes ont coûté environ 300.000.000 de francs. L'entretien total y atteint annuellement 2,100.000 francs, soit 0,70 % du prix de revient des terrassements; il ne paraît pas que cette proportion doive être notablement dépassée à Panama où l'on ne retrouve pas les principales causes de détérioration du Canal de Suez (exhaussement du fond de la cuvette sur une notable partie de sa longueur, par suite de l'apport des sables par le vent; dégradation, par le battillage, des berges sur lesquelles ne peut se développer aucune végétation).

Tout en tenant compte de la différence des talus, de la plus grande largeur des emprises et de l'influence des pluies, nous ne croyons pas être au-dessous de la vérité en adoptant pour Panama la même proportion de 0,70 % du prix de revient des [terrassements, ce qui nous donnerait 2.800.000 francs. Il y a lieu toutefois de prendre en considération la situation géographique et climatique de l'Isthme de Panama. La somme de 2.400.000 francs comprend à Suez le coût des travaux proprement dits d'entretien, c'est-à-dire de terrassements à sec et de dragages, l'entretien et le renouvellement du matériel, le traitement du personnel technique (ingénieurs, conducteurs, comptables, chefs de section, dessinateurs, chefs de dragues, chauffeurs, matelots, gens de service, etc.) dont la solde atteint 460.000 francs, les frais divers de logement, d'entretien du mobilier, de fournitures de bureau, montant à 170.000 francs et enfin les frais de voyage et de déplacement s'élevant à 60.000 francs environ par an. Or, il importe de remar-

quer, dans la comparaison des dépenses de Suez et de celles qu'il convient de prévoir à Panama, que, pour ce dernier Canal, le total des soldes des principaux employés devra être plus élevé qu'à Suez ; il faut tenir compte, en effet, de l'éloignement et des congés que le climat obligera à accorder tous les dix-huit mois au lieu de tous les trois ans ; d'une part les congés nécessiteront une augmentation de personnel, de l'autre les frais de voyages seront plus considérables.

Par contre, la moindre longueur du Canal de Panama (74 kilomètres au lieu de 162) exigera sur les lieux un personnel moins nombreux ; tandis qu'il a fallu partager le Canal de Suez en trois sections, deux suffiront à Panama. La même observation s'appliquera plus loin, lors de l'estimation des dépenses du transit et de la navigation. Tenant compte de toutes ces considérations, nous ajouterons seulement 200.000 francs pour supplément de solde et frais de voyages.

Nous arrivons ainsi, comme par l'appréciation directe, à adopter pour les frais annuels de dragage et d'entretien des terrassements, la somme de..... 3.000.000 fr.

En ce qui concerne l'entretien des écluses, nous compterons pour les maçonneries montant à 95.000.000 de francs, 1 %, soit..... 950.000 »

Pour les portes et la machinerie,

---

A reporter..... 3.950.000 fr.

<i>Report</i> .....	3.950.000 fr.
montant à 15.000.000 de francs, 5 %,	
soit.....	750.000 »
En portant l'entretien des barrages	
et des déversoirs à 4 %, il faut pré-	
voir pour ces ouvrages, évalués à	
53.000.000 de francs.....	530.000 »
Les siphons ou ouvrages équiva-	
lents, estimés 5.150.000, nécessite-	
ront, par an, une dépense de 5 %, soit	250.000 »
Ainsi le total des frais d'entretien	
des terrassements et travaux d'art	
s'élèvera à.....	<u>5.480.000 fr.</u>

Occupons-nous maintenant des dépenses administra-  
tives.

A Paris, les dépenses de l'Administration centrale de  
Suez atteignent 900.000 francs (conseil d'adminis-  
tration, services du secrétariat, de la comptabilité gé-  
nérale, des titres, des travaux, frais divers d'adminis-  
tration, entretien de l'immeuble et du mobilier, impo-  
sitions, etc.). Pour la Compagnie de Panama nous  
réduirons cette dépense à..... 700.000 fr.  
tout en remarquant qu'il faudra com-  
prendre dans cette somme la location  
de l'immeuble qui sera le siège de la  
Compagnie.

Nous conservons pour les frais di-

<i>A reporter</i> .....	<u>700.000 fr.</u>
-------------------------	--------------------

<i>Report</i> .....	700.000 fr.
vers d'assemblées générales, de publications, d'agences, etc., le même chiffre qu'à Suez.....	200.000 »
L'impôt de 0 fr. 06 par 100 francs sur la valeur nominale des titres, ainsi que les commissions et frais divers des correspondants, atteindront, s'ils ne le dépassent pas, le chiffre annuel de....	720.000 »
En Égypte, le service de santé et l'hôpital coûtent à peu près 150.000 fr. par an; il est nécessaire de majorer ce chiffre à Panama, même en admettant la suppression de l'hôpital de Colon et de le porter à .....	200.000 »
Le contentieux peut être estimé à...	60.000 »
Le traitement d'un agent à Bogota à	20.000 »
Le total des dépenses administratives proprement dites atteindra ainsi	<u>1.900.000 fr.</u>

Arrivons au service du transit et de la navigation.

A Suez, le chapitre analogue entre pour 3.400.300 francs dans les prévisions pour 1890 et se décompose ainsi :

Agence supérieure du Caire et caisses.....	411.700 fr.
Frais d'administration générale (frais de voyages, secours, allocations	
<i>A reporter</i> .....	<u>411.700 fr.</u>

<i>Report</i> .....	411.700 fr.
pour frais de voyages aux ouvriers).....	37.600 »
Personnel classé des trois agences.	500.000 »
Personnel auxiliaire y compris 90 pilotes.....	1.022.700 »
Frais divers d'administration (logement, éclairage du personnel, fournitures de bureau, canots de service, etc.).....	233.700 »
Frais divers d'exploitation (entretien des postes et lignes télégraphiques, canots pour voyageurs, frais de remorquage, primes de pilotage, frais de retour des pilotes, frais d'allègement, de déséchouage, entretien du balisage, des pieux d'amarrage, des appontements de transit, etc.)	1.194.600 »
Total général.....	<u>3.400.300 fr.</u>

Dans cette somme, l'éclairage pour la navigation de nuit est compris pour environ 493.000 francs, la solde et les primes des pilotes pour 650.000 francs.

Voyons comment ces données pourront se modifier pour le Canal Interocéanique.

Nous ne compterons rien pour l'agence supérieure qui sera sans doute installée à Panama même et dont les frais spéciaux pourront être confondus avec ceux des deux agences de Colon et de Panama; en raison du

climat et de l'éloignement qui nécessiteront des congés plus longs et plus fréquents qu'à Suez et par conséquent un personnel européen plus nombreux, nous augmenterons les frais de voyages en les évaluant à..... 50.000 fr.

et nous majorerons de 50 % le traitement du personnel classé des agences, qui, à Suez, entre en compte pour la somme de 500.000 francs, ce qui le portera à..... 750.000 »

Mais, d'un autre côté, la moindre longueur du Canal de Panama permettra de diminuer considérablement le personnel non classé ainsi que les frais divers d'administration et d'exploitation ; pour ce qui est du pilotage, par exemple, il suffira d'un seul service de Colon à Panama, tandis qu'il en faut deux de Port-Saïd à Suez. D'ailleurs, il se passera plusieurs années avant que le trafic atteigne le chiffre actuel du Canal de Suez. Les frais qu'impose la navigation de nuit pourront être réduits de 50 % en raison de la plus courte longueur du Canal ; peut-être même suffira-t-il, tant que le transit n'atteindra pas un développement considérable, de n'ouvrir le Canal à la

---

A reporter.....

800.000 fr.

*Report*..... 800.000 fr.  
navigation que pendant le jour.

Les écluses et les barrages nécessiteront, il est vrai, un personnel spécial et nombreux qui ne se rencontre pas au Canal de Suez ; mais, dans ce dernier, on compte une gare tous les 10 kilomètres et chacune est munie d'un personnel de 3 ou 4 hommes (chef de gare, télégraphiste, matelots) qui constitue une dépense assez importante.

Nous croyons donc ne pas être au-dessous de la vérité en admettant que l'on pourra appliquer une réduction de 30 % aux dépenses du personnel non classé de l'administration et de l'exploitation que nous avons indiquées pour Suez, et nous évaluons ces dépenses aux chiffres suivants :

Personnel auxiliaire, y compris		
45 pilotes.....	716.000	»
Frais divers d'administration.....	163.000	»
Frais divers d'exploitation.....	836.000	»

Nous n'ajouterons rien pour le service et l'exploitation du domaine commun, mais, pour le domaine privé (personnel et frais divers, entretien des

---

*A reporter*..... 2.515.000 fr.

<i>Report</i> .....	2.515.000 fr.
bâtimens et plantations, constructions nouvelles, etc.) nous compterons com- me supplément des dépenses sur les recettes . . . . .	200.000 »
Total des dépenses d'exploitation...	<u>2.715.000 fr.</u>

La récapitulation des dépenses d'entretien et d'explo-  
itation donne ainsi :

Service de l'entretien.....	5.480.000 fr.
Administration centrale, charges des titres, etc.....	1.900.000 »
Service du transit et de la naviga- tion.....	2.715.000 »
Total général des dépenses...	<u>10.095.000 fr.</u>

Nous compterons donc pour les charges que la nou-  
velle Société devra prélever sur ses recettes, avant toute  
répartition entre les porteurs de titres, la somme de *dix  
millions*.

## II

### Base de l'évaluation du transit. — Définition du tonneau de jauge pris pour unité <sup>1</sup>.

Les recettes du transit et de la navigation portent à Suez sur les articles suivants :

- 1° Recettes de transit : navires, passagers, barques;
- 2° Recettes accessoires : pilotage en rade, remorquage, droits de stationnement, trafic ou transport par le matériel de la Compagnie, location de matériel flottant.

Or, il convient de remarquer : d'une part, que l'acte de concession ne permet pas à Panama d'établir un droit de transit sur les passagers et, de l'autre, que l'ensemble des recettes accessoires ne dépasse pas à Suez, après vingt années d'exploitation, 360.000 francs, c'est-à-dire  $1/2$  % du revenu du transit dont le droit

1. Pour éviter toute confusion, nous emploierons toujours le mot *tonneau* lorsqu'il s'agira de jauge de navire, réservant le mot *tonne* pour désigner le poids de 1.000 kil.

est fixé à 9 fr. 50 par tonneau, frais de pilotage compris. Nous ne nous occuperons donc que des recettes de transit.

Pour évaluer ces recettes, deux éléments sont nécessaires :

1° Le tonnage annuel probable des navires qui auraient intérêt à passer par le Canal;

2° Le droit de péage par tonneau de jauge, droit qu'il importe de fixer de manière à procurer à la Compagnie des revenus aussi élevés que possible et qui, par cela même, devra être assez limité pour ne pas absorber, dans un trop grand nombre de cas, toute l'économie que procurerait aux navires la voie de Panama par la réduction dans la durée des voyages.

La détermination du tonnage probable est, il faut le dire tout d'abord, très difficile, surtout si l'on est affranchi de toute idée préconçue, et l'on ne peut pas compter l'obtenir avec une grande précision, malgré les précieux renseignements contenus dans les statistiques officielles.

Ces documents, en effet, ne sont pas toujours d'accord entre eux et s'il est nécessaire, pour évaluer le commerce maritime entre deux pays, de recourir à des appréciations déjà très délicates, combien est-il encore plus malaisé d'estimer la portion de ce commerce qui pourra revenir au Canal!

Les données les plus exactes sont exprimées en valeur des marchandises, et la transformation en tonneaux par l'évaluation de la valeur moyenne correspondant au tonneau de jauge ne peut se faire qu'en partant de

certaines hypothèses qui sont loin de comporter tout le caractère de certitude désirable ; d'un autre côté, là où les statistiques donnent le tonnage du commerce des pays entre eux, il arrive souvent qu'il y a des emplois multiples, à peu près impossibles à saisir et de nature à fausser les résultats en les exagérant. Les mêmes navires sont, en effet, fréquemment comptés pour leur tonnage total dans les divers ports où ils viennent opérer des chargements ou des déchargements partiels.

Admettons cependant que l'on arrive à chiffrer avec une certaine précision le commerce entre les États situés sur les deux Océans ; il ne suffira pas, pour évaluer la part de ce commerce qui pourra revenir au Canal supposé en complète exploitation, de rechercher, après avoir fait choix d'un droit de transit, quelles sont les traversées pour lesquelles la nouvelle voie procurera aux navires une économie sur la dépense en mer qu'entraîne actuellement la route par le détroit de Magellan ou le cap Horn. Des considérations d'un ordre tout différent devraient entrer en ligne de compte si elles n'échappaient pas à toute évaluation numérique. Aujourd'hui, l'augmentation des dimensions des steamers et de leur vitesse peut imposer la nécessité d'escales répétées, à quelques-uns pour la recherche du fret, à presque tous pour leur approvisionnement de charbon et, dans cet ordre d'idées, la considération de l'économie de temps, quelle que soit son importance, surtout pour la navigation à vapeur, peut se trouver primée par celle des recettes commerciales.

Sur la route de l'Europe au Pacifique, les navires, tant à voiles qu'à vapeur, trouvent des ports de commerce tels que Bahia, Rio-de-Janeiro, Montevideo, Buenos-Ayres, dont l'importance est autrement grande que celle des ports des Petites Antilles, du Venezuela, de la Colombie ou de l'Amérique centrale, desservis d'ailleurs déjà par la navigation de la mer des Antilles. On doit penser que le Canal ouvrira de nouveaux débouchés et créera d'autres courants commerciaux, mais c'est là une espérance qu'il ne faut escompter qu'avec réserve, surtout pour les premières années.

D'un autre côté, il y a lieu de croire que les jours gagnés en passant par le canal permettront à l'armateur de faire faire au même navire un plus grand nombre de voyages par an et d'augmenter par conséquent ses bénéfices annuels, et pourront, dans quelques cas, le décider à accepter un certain excédent des frais de transit sur l'économie directe de la traversée; mais, là encore, les calculs sont impuissants à établir des prévisions; il en est de même au sujet des mauvais temps au sud de l'Amérique et des calmes de la baie de Panama, de l'utilisation des alisés dans un sens, de la répulsion que pourraient éprouver les marins, au moins dans les premières années, à s'engager dans un canal à écluses; toutes ces considérations ne sauraient se traduire en chiffres. On peut toutefois compter avec plus de certitude que la diminution de la durée des voyages amènera un certain abaissement du taux des assurances, lorsque l'expérience aura été suffisante pour témoigner de la sécurité du passage par le Canal.

L'appréciation de ces éléments multiples et parfois contradictoires pèse sur l'évaluation du trafic probable et explique les divergences des conclusions auxquelles sont arrivées, en 1879 et depuis cette époque, toutes les études relatives à cette question, divergences telles que le trafic indiqué comme pratiquement possible peu de temps après l'ouverture du Canal, varie dans des limites considérables, depuis moins de 3 millions de tonneaux jusqu'à 10 millions et même plus.

Avant d'aller plus loin, il convient de rappeler sur quelle base se fera la perception du droit de transit et de définir le tonneau de jauge. Cette dernière unité est loin d'avoir une valeur fixe, par suite de la diversité des législations des différentes puissances et des variations, dans un même pays, des règlements suivis pour le calcul de la jauge nette.

Aussi M. Bonaparte Wyse, pénétré, ainsi qu'il l'a fait connaître dans sa déposition devant notre Commission, des difficultés auxquelles ont donné lieu les mots de « tonne de jauge » ou « tonne de capacité », a stipulé, dans le traité de concession signé avec le gouvernement colombien, le 20 mars 1878, que la base de perception des droits de transit et autres serait le nombre de mètres cubes contenus dans le parallépipède circonscrit à la carène, le maximum du droit principal étant fixé à 10 francs par mètre cube (art. 24 du traité).

Cette base de perception, quoique sujette à certaines critiques, notamment à cause du préjudice dont elle frappe les navires à formes fines, a, d'ailleurs, de sérieux avantages :

- 1° Elle prête peu à la discussion ;
- 2° Elle est indépendante des variations que n'ont cessé de subir les règles de déduction pour la fixation des tonnages nets sur les vapeurs ;
- 3° Elle favorise d'une façon équitable et en même temps habile, les bâtiments sur lest ou peu chargés ; car il est entendu, et M. Wyse nous a confirmé cette interprétation, que le tirant d'eau, qui est l'un des trois facteurs du volume, doit être pris au moment où le navire traverse le Canal ;
- 4° Le chiffre autorisé par mètre cube donne à la taxe supérieure une limite très élevée, dans certains cas plus que quadruple du tarif appliqué au Canal de Suez ; nous pensons toutefois que, dans l'intérêt du Canal Interocéanique, il conviendra de se tenir au-dessous de ce maximum.

Mais, si le volume du parallélépipède circonscrit à la carène est, pour la perception des droits, une base à certains égards bien choisie, c'est néanmoins le tonneau de jauge qui doit être pris tout d'abord pour la recherche du transit probable.

Il est heureusement possible, sinon facile, d'établir, avec une approximation suffisante pour le but que nous avons en vue, un rapport moyen entre le nombre de mètres cubes du parallélépipède circonscrit à la carène, soit en charge maximum, soit en charge moyenne au moment du passage du Canal, et le nombre de tonneaux des diverses catégories de jauge. On trouvera sur ce point des indications détaillées dans une note annexe ; nous dirons seulement ici que, pour le char-

gement moyen au moment du passage du Canal, le nombre de mètres cubes sera approximativement :

2 fois  $\frac{3}{4}$  le nombre de tonneaux de la jauge brute pour les navires à voiles et à vapeur ;

3 fois le nombre de tonneaux de la jauge nette (règle de Suez) pour les navires à voiles ;

4 fois le nombre de tonneaux de la jauge nette (règle de Suez) pour les navires à vapeur ;

4 fois  $\frac{3}{4}$  le nombre de tonneaux de la jauge nette en douane (règle actuelle des douanes anglaise et française).

On conçoit donc que, malgré la complication des questions de jaugeage, il soit possible de fixer un tarif au mètre cube du parallélépipède de la carène qui, en moyenne, corresponde ou tout au moins ne soit pas inférieur à celui qu'on aura en vue pour le tonnage de jauge nette de Suez, par exemple ; c'est en effet le tonneau dit de Suez que nous allons adopter comme unité, parce que, sauf peut-être le tonneau usité en Allemagne ou le tonneau brut lui-même, c'est lui qui nous semble le plus rationnel et qui, en tout cas, convient le mieux comme base de renseignements et pour nous fournir d'utiles comparaisons.

---

### III

Division du commerce maritime en quatre groupes géographiques. — Calcul de l'économie due à la réduction dans la durée des voyages.

Pour donner plus de clarté à l'étude commerciale et géographique qui va nous permettre de chiffrer l'économie sur les dépenses en mer que le Canal procurerait aux navires par le seul fait de la diminution des traversées, et d'en déduire le droit de transit le plus avantageux, nous diviserons d'abord le commerce maritime susceptible d'emprunter la voie du Canal en quatre groupes, savoir :

PREMIER GROUPE. — Commerce des pays d'Europe avec la côte du continent américain sur le Pacifique.

DEUXIÈME GROUPE. — Portion du commerce de l'Europe avec l'Extrême-Orient (Inde, Chine, Indo-Chine et Japon) et l'Océanie (Malaisie, Australasie, archipels océaniques) susceptible de prendre la voie de Panama

de préférence à celle de Suez et à la traversée par les Caps.

TROISIÈME GROUPE. — Cabotage entre les deux côtes (Atlantique et Pacifique) du continent américain.

QUATRIÈME GROUPE. — Commerce de l'Extrême-Orient et de l'Océanie avec la côte du continent américain sur l'Atlantique.

La carte des traversées et les tableaux A et B placés à la fin de ce rapport, indiquent les distances entre les ports d'un même groupe pouvant être reliés par des navires empruntant la voie de Panama.

Nous prendrons comme type un navire à vapeur exclusivement affecté au transport des marchandises, de 2.000 tonneaux de jauge de Suez (2.800 à 2.900 tonneaux de jauge brute), mû par une machine développant couramment 1.500 à 1.600 chevaux et capable de fournir une vitesse moyenne générale de 250 milles par jour.

Les dimensions principales d'un tel navire seraient à peu près les suivantes :

Longueur.....	105 <sup>m</sup>	»
Largeur.....	13	50
Creux.....	9	»
Tirant d'eau moyen en pleine charge..	7	»

Le prix d'achat à l'état neuf (armement compris) peut être fixé à..... 1.300.000 fr.

Les dépenses annuelles en mer s'établissent comme suit :

Annuité à capitaliser, pour intérêt et amortissement (8 % de la valeur neuve).....	104.000 fr.
Entretien courant et annuité pour les changements de chaudières et les refontes.....	65.000 »
Officiers et équipage (33 hommes), solde et nourriture.....	70.000 »
Dépenses diverses d'armement.....	4.000 »
Frais généraux d'exploitation.....	40.000 »
Assurances sur corps (pour la valeur moyenne du navire estimée à 60 % de la valeur neuve).....	39.000 »
Assurances sur marchandises.....	36.000 »
	<hr/>
Total des dépenses annuelles.....	358.000 fr.
	<hr/> <hr/>

Ce qui, en dehors du fonctionnement des machines, fait ressortir la dépense par jour de mer à..... 980 fr.

auxquels il faut ajouter pour le charbon et le graissage (32 tonnes de charbon à 30 francs et 65 francs de matières grasses, déchets de coton, etc.)..... 1.025 »

	<hr/>
Soit par jour de mer.....	2.005 fr.
	<hr/> <hr/>

Nous adopterons le chiffre rond de 2.000 francs.

Cette évaluation ne tient pas compte du bénéfice de l'armateur en dehors de l'intérêt de 5 0/0 du capital

engagé (capital souvent emprunté) et ne comporte qu'une estimation modérée du prix du charbon dans les ports éloignés d'Europe.

Il convient de remarquer que la dépense relative diminue quand le tonnage augmente, la vitesse restant la même, mais que, pour les vapeurs de même tonnage, elle croît très rapidement avec la vitesse. Ainsi, pour un navire de 2.000 tonneaux réalisant, comme moyenne annuelle, la vitesse de 12 nœuds (288 milles par jour), la dépense quotidienne serait d'environ 2.700 francs.

La tendance actuelle à l'augmentation de la vitesse conduirait à considérer la dépense de 1 franc par jour et par tonneau comme une moyenne trop faible pour les vapeurs; mais, comme il est probable que le Canal livrera passage à un certain nombre de voiliers pour lesquels cette dépense ne sera pas atteinte, on peut admettre une compensation dans l'ensemble des évaluations et adopter le chiffre de 1 franc par tonneau de jauge et par jour.

Nous compterons un jour pour la traversée du Canal de Colon à Panama; c'est, à très peu près, la durée à laquelle on arrive si l'on suppose les retards dans les ports et aux croisements, le temps du passage des écluses et celui de la traversée des biefs.

Les navires qui prennent actuellement la voie du détroit de Magellan ou du cap Horn, peuvent être partagés en deux grandes catégories, suivant qu'ils viennent de l'Europe ou de la côte est de l'Amérique septentrionale pour se rendre dans le Pacifique ou en revenir.

Pour ceux qui viennent de l'Europe, nous prendrons comme point de départ l'entrée de la Manche, le port de Plymouth, par exemple : la différence des distances du détroit de Gibraltar à Colon et au détroit de Magellan n'est que de 1.880 milles ; elle est de 2.460 milles pour les navires partant de Plymouth ; en ne considérant que ces derniers on se place donc dans les conditions les plus avantageuses au Canal de Panama. Pour la catégorie des bâtiments venant de la côte est de l'Amérique septentrionale, c'est New-York que nous adopterons comme point de départ, les différences des traversées par Colon ou par le détroit de Magellan restant à peu près les mêmes si, au lieu de New-York, on prend un port du golfe du Mexique ou un port de la côte anglaise de l'Amérique du Nord.

Les tableaux A et B, dressés à l'aide des publications officielles de l'Amirauté anglaise et vérifiés sur l'état des distances de port à port établi par la marine française, donnent les distances en milles de Plymouth et de New-York aux principaux ports de l'Amérique sur le Pacifique, de l'Océanie, de l'Australasie, de la Malaisie et aux ports de Yokohama, Shangai, Hong-Kong et Singapour, etc., dans les deux hypothèses des traversées par le détroit de Magellan et par le Canal de Panama<sup>1</sup>.

1. Ces distances ne sont pas toujours les longueurs des arcs de grand cercle réunissant les points de départ et d'arrivée, abstraction faite des escales forcées et des considérations de climat ; elles indiquent plutôt les longueurs des routes suivies généralement par les bâtiments à vapeur à forte machine (*full powered steam vessels*).

Pour quelques ports nous indiquons également, dans la deuxième colonne, la distance par le Canal de Suez. La cinquième colonne donne, en milles, la différence des deux voies de Magellan et de Panama, la sixième l'économie de jours (déduction faite d'une journée pour le passage) que le Canal procurera au vapeur que nous avons pris pour type ; enfin la dernière exprime l'économie, en francs, à mettre en balance avec les frais de transit.

Les frais de transit représenteront la dépense d'un certain nombre de jours de mer ; comme nous avons raisonné sur un navire de 2.000 tonneaux, il suffirait de diviser par 2.000 les économies sur les traversées indiquées dans la dernière colonne des tableaux A et B, pour avoir le tarif maximum applicable par tonneau de jauge, c'est-à-dire celui qui égaliserait les dépenses par le détroit de Magellan et par le Canal.

A Suez, le droit de transit a été descendu à 9 fr. 50 par tonneau de jauge nette (9 fr. 80 au maximum avec divers droits accessoires). Il comprend, depuis 1884, les droits de pilotage dans le Canal et ne laisse à la charge des navires que les frais de pilotage en rade de Port-Saïd, ainsi que les frais éventuels de remorquage. Nous pensons qu'il conviendra d'opérer de la même manière à Panama et de comprendre dans les droits de transit les frais de pilotage dans le Canal.

L'étude que nous avons faite des relations commerciales du Pacifique avec l'Atlantique et des longueurs respectives des traversées par le détroit de Magellan et par Panama, nous ont conduits à adopter, au moins pour les premières années d'exploitation, un droit de transit

de 12 fr. 50 par tonneau de jauge de Suez (correspondant à peu près à 3 fr. 50 par mètre cube du parallélépipède circonscrit à la carène).

Ce chiffre est plus élevé que celui du tarif actuellement en vigueur à Suez ; mais, d'une part, les passagers devront être exempts de tout droit, tandis qu'ils paient 10 francs par tête à Suez ; de l'autre, il est rationnel de tenir compte, dans la limite du possible, de la différence des capitaux engagés dans l'entreprise plutôt que de la longueur du parcours des deux canaux ; l'application de ce tarif, nous le verrons plus loin, laisse encore un bénéfice sur les dépenses des principales traversées par Magellan, au moins pour la partie la plus importante du commerce de l'Europe avec la côte Pacifique du continent américain, mais nous ne pensons pas qu'il faille, même au début, dépasser 12 fr. 50 si l'on ne veut pas s'exposer à voir enlever par les chemins de fer du Centre-Amérique, du Mexique et même de l'Amérique du Nord, une partie du tonnage nécessaire à l'existence de la nouvelle Compagnie.

Il faut remarquer, en effet, que ce chiffre de 12 fr. 50 par tonneau de jauge représente plus de 0 fr. 17 par kilomètre et correspond à Panama à une taxe encore plus élevée par tonne de marchandises, à 0 fr. 20 au minimum en moyenne <sup>1</sup>. En Europe nos chemins de fer exploitent à raison de 5 à 6 centimes par tonne et par kilomètre ; le taux est plus élevé en Amérique, mais il ne faudrait

1. Les marchandises qui ont un fort coefficient de charge, comme le charbon ou les nitrates, payeraient beaucoup moins que cette moyenne et seulement 8 à 9 centimes par tonne.

pas que, même en tenant compte des inconvénients et des frais de transbordement, le commerce trouvât, dans le transport par chemin de fer, une économie de nature à lui faire donner la préférence à la voie de terre.

Nous craignons même que la concurrence des chemins de fer n'oblige un jour la Compagnie à abaisser le tarif de 12 fr. 50 que nous considérons comme le plus avantageux à appliquer au moment de l'ouverture du Canal.

Les autres frais de remorquage, de pilotage en rade, de stationnement, resteront à fixer.

Les frais éventuels de remorquage trouveront une compensation pour les vapeurs dans l'économie de charbon réalisée pendant la journée de traversée du Canal (journée comptée tout entière dans nos évaluations comme dépense à la mer), et, pour les voiliers, dans la diminution que subira très probablement le taux des assurances aussi bien pour les navires que pour les cargaisons.

---

#### IV

### Valeur de la marchandise rapportée au tonneau de jauge.

Avant d'indiquer la valeur du commerce correspondant à nos quatre groupes, il nous reste à rechercher, pour chacun d'eux, le prix moyen des marchandises correspondant au tonneau de jauge, prix moyen qu'on peut, ainsi qu'on l'avait fait au Congrès de 1879, appeler le *diviseur* : c'est, en effet, par le nombre qu'il représente qu'il faut diviser la valeur du commerce pour obtenir le nombre de tonneaux.

La Commission de statistique de 1879 avait, pour 200 millions de marchandises d'un prix peu élevé (grains, farines, guanos, nitrates), admis l'égalité entre la tonne-poids et le tonneau de jauge et adopté le chiffre

de 200 francs comme diviseur. Pour le reste du commerce, elle avait choisi le chiffre de 375.

Nous pensons arriver à une évaluation plus précise du tonnage en cherchant, pour chaque groupe, le diviseur qui lui convient.

PREMIER GROUPE. — *Commerce des pays d'Europe avec la côte américaine sur le Pacifique.* — Les exportations d'Europe par les ports de Londres, Liverpool, Glasgow, le Havre, Bordeaux, Anvers, Hambourg, etc., consistent en objets fabriqués : meubles, tissus, vêtements, vins, porcelaines et cristaux, articles de librairie, articles dits de Paris, etc.

Inversement les États de la côte ouest de l'Amérique fournissent à l'Europe les articles suivants :

*Colombie britannique* (ports d'Esquimalt et de Victoria dans l'île de Vancouver), *États-Unis* (ports d'Olympia, de San Diego, de Wilmington, de San Francisco, dans les Territoires d'Alaska et de Washington et les États d'Orégon et de Californie) : bois, cuirs, peaux, mercure, résines, graisses, métaux bruts, conserves et principalement céréales, farines et produits dérivés (breadstuffs).

*Mexique* (ports de Guaymas, Mazatlan, San Blas, Manzanillo, Acapulco, etc.), : cuirs, peaux, cafés, vanille, tabac, chapeaux de paille, ixtle, indigo, zacaton, marbres et onyx, etc.

*Amérique Centrale* (ports de Champerico, de San José dans le Guatemala, d'Acajutla, de Libertad, de la Union

dans le Salvador, d'Amapala dans le Honduras, de Corinto et de San Juan del Sur dans le Nicaragua, de Punta Arenas dans le Costa-Rica) : sucres, cafés, bétail, peaux, lainages, tabacs, cacao, bananes, salsepareille, bois, indigo, gomme élastique, écailles de tortues, caoutchouc, nacre, minéraux, etc.

*Colombie* (ports de Panama, Buenaventura, Tumaco) : tabac, cacao, bois, cafés, coton, indigo, chapeaux de paille.

*Équateur, Pérou, Bolivie* (ports de Guayaquil, Payta, Callao, Arica) : sucre, cafés, cacao, peaux, ivoire végétal (noix de corozo), sel, métaux, riz, caoutchouc, quinquina, laines, cuirs et poils, etc.

*Chili* (ports d'Iquique, Antofogosta, Caldera, Coquimbo, Valparaiso, Conception, etc.) : cuivre en barre, minerais, céréales, nitrates et guanos, etc.

Quelques-uns des produits de ces pays, et notamment de la Californie, du Pérou et du Chili, sont à bas prix et ne valent guère actuellement que 200 francs la tonne-poids; mais si l'on considère qu'ils ont un coefficient de charge<sup>1</sup> notablement supérieur à l'unité, on reconnaît que, même appliqué exclusivement aux céréales et aux nitrates, le diviseur de 200 n'est pas assez

1. On appelle généralement « coefficient de charge » d'une nature de marchandises, le rapport du nombre de tonnes-poids que peut porter un navire au nombre de tonneaux de jauge de ce navire. Pour les céréales et les nitrates, le coefficient de charge peut atteindre et même dépasser  $1\frac{1}{2}$ .

élevé; comme les autres marchandises ont une grande valeur, nous avons été conduits à prendre comme diviseur général pour le premier groupe le chiffre de 330 qui correspond d'ailleurs à très peu près au commerce de la France avec le Pérou, commerce pour lequel le prix moyen du tonneau de jauge est de 329 francs.

DEUXIÈME GROUPE. — *Commerce de l'Extrême-Orient asiatique, de l'Australasie et de l'Océanie avec l'Europe.*

— Le chiffre de 375, que le Congrès de 1879 avait admis comme diviseur général de la valeur des marchandises autres que les farines, les nitrates, le guano, nous a paru beaucoup trop faible pour ce groupe. Il résultait du quotient du commerce général de l'Angleterre par le tonnage correspondant dans une période de quinze années (1862 à 1877); mais on est exposé à de grands mécomptes en appliquant le diviseur fourni par le commerce global d'une puissance aux transactions maritimes de cette puissance avec une région déterminée, surtout quand ces transactions sont subordonnées au transit dans un canal à péage où le nombre des navires sur lest ou peu chargés doit être relativement restreint. Cette observation s'applique particulièrement à l'Angleterre dont les exportations de houille abaissent le diviseur général, tant par le faible prix de la marchandise qu'en raison des nombreux retours sur lest des navires charbonniers.

On arrive à des chiffres tout différents lorsque, au lieu de prendre l'ensemble du commerce, on considère spécialement les pays qui nous occupent et que l'on con-

sulte les renseignements fournis par un certain nombre de navires ayant fait route sans escale entre les ports de chargement et les ports de destination.

Prenons pour exemple l'Australie et la Nouvelle-Zélande : les échanges qui s'effectuent entre Londres et Liverpool d'une part et les ports d'Hobart-Town, Adelaïde, Melbourne, Sydney, Brisbane, Mackay, Wellington, Auckland, etc., de l'autre, consistent, pour les importations, en produits manufacturés, pour les exportations, en laines, autres produits animaux, conserves, viande congelée, étain, cuivre, tabac, grains, coton, plumes d'autruche, et même vins et raisins ; ils s'appliquent donc à des produits d'un prix moyen assez élevé ; or il résulte de documents certains provenant du Board of Trade et de divers armateurs anglais, que, pour les navires spécialement affectés à ce commerce, tant à voiles qu'à vapeur, à l'aller comme au retour, la valeur correspondante au tonneau de jauge est comprise entre 5 et 600 francs.

Dans les relations de l'Europe avec l'Asie Orientale qui s'effectuent par les ports de Yokohama, Shangai, Hong-Kong, Macao, Singapour, Batavia, Malacca, Manille, etc., les marchandises échangées comprenant, d'une part, les objets de l'industrie européenne, de l'autre les graines ou œufs de vers à soie, la soie sous diverses formes, le thé, le sucre, le tabac, les meubles, le riz, les cafés, etc., ont une valeur au moins aussi grande.

Le Canal de Suez fournit d'ailleurs une preuve convaincante du prix élevé de la tonne de marchan-

dise pour le commerce de l'Europe avec l'Extrême-Orient : tandis que le tonnage annuel y atteint à peine 7 millions de tonnes, la valeur des marchandises qui transitent ne peut pas être évaluée à moins de 3 milliards 1/2 à 4 milliards de francs.

La Commission n'a pas cru pouvoir adopter pour le deuxième groupe un diviseur inférieur à 500 francs.

TROISIÈME GROUPE. — *Cabotage entre les deux côtes de l'Amérique.* — Tenant compte de ce que les importations de guanos et de nitrates sont moindres aux États-Unis qu'en Europe, et de ce que les produits manufacturés en Amérique sont en général d'un prix moins élevé que ceux que l'Europe expédie dans l'Extrême-Orient et en Océanie, la Commission a, toutes compensations faites, adopté le diviseur de 400 francs.

QUATRIÈME GROUPE. — *Commerce de l'Extrême-Orient et de l'Océanie avec la côte de l'Amérique sur l'Atlantique.* — Les produits que l'Asie Orientale et l'Océanie envoient à la côte est du continent américain et principalement aux États-Unis, sont à peu près les mêmes que ceux qu'elles expédient en Europe ; seulement, les marchandises d'un prix très élevé, comme les graines de vers à soie et la soie elle-même, sont dans une proportion moindre ; d'autre part, les produits exportés des États-Unis dans ces régions ont moins de valeur que ceux qui proviennent d'Europe. Pour ces raisons la Commission a admis que le diviseur devait être

inférieur à celui du deuxième groupe; elle a adopté pour le quatrième groupe, comme elle l'avait fait pour le troisième, le chiffre de 400.

Nous possédons maintenant tous les éléments nécessaires pour transformer en tonneaux le prix des marchandises. Cherchons donc à établir la valeur du commerce pour chacun de nos quatre groupes.

Evaluation, pour chacun des quatre groupes, du commerce susceptible de passer par le Canal Interocéanique.

PREMIER GROUPE

*Commerce des Etats d'Europe avec la côte ouest du continent américain.*

Les statistiques ne donnent que le commerce maritime direct et portent au compte de l'Atlantique les marchandises débarquées à Colon ; il y a donc lieu de considérer à part le transit qui se fait déjà par l'Isthme en empruntant la voie du chemin de fer de Colon à Panama. Il convient toutefois de remarquer que l'on arriverait à des chiffres beaucoup trop élevés si l'on prenait comme indication le tonnage du port de Colon, tonnage qui s'est élevé, en 1885, à un million de tonneaux. Colon, en effet, ne doit être regardé que comme une escale pour les nombreux paquebots qui y touchent et dont un petit nombre suffirait pour faire

transiter dans le Canal la totalité des chargements partiels qu'ils débarquent dans ce port.

On peut au contraire, en y appliquant toutefois encore une certaine réduction, prendre pour base d'évaluation le tonnage des navires entrés à Panama ou sortis de ce port et dont la plupart appartiennent aux lignes régulières ayant Panama comme tête de ligne : Pacific Steam Navigation C<sup>y</sup> (américaine), Pacific Mail Steam Ship C<sup>y</sup> (anglaise), Compagnie Chilienne (de création récente).

L'étude du transit du Panama Rail Road permet d'ailleurs de contrôler ce résultat.

En 1888, le tonnage total, entrées et sorties, du port de Panama a atteint 395.000 tonneaux, dont 385.000 tonneaux pour les vapeurs; en défalquant 75.000 tonneaux pour le transit américain, il reste 310.000 tonneaux dont nous prendrons les 8/10, soit 240.000 tonneaux représentant les échanges entre l'Europe et le Pacifique.

Cherchons maintenant à évaluer la part possible du Canal dans le commerce qui se fait actuellement entre l'Europe et la côte ouest de l'Amérique exclusivement par navires passant par le détroit de Magellan ou par le cap Horn. Nous suivrons sur la côte américaine l'ordre du nord au sud.

*Colombie Britannique et États-Unis (Pacifique).* — Le commerce maritime de l'Europe avec la côte occidentale de l'Amérique anglaise et des États-Unis s'est élevé, en 1888, au chiffre rond de 167.000.000 de francs.

Le tableau A des distances montre que le bénéfice du

passage par le Canal est très supérieur à la dépense qu'impose aux navires un droit de 12 fr. 50 par tonneau ; nous compterons donc la totalité de ce chiffre, soit..... 167.000.000 fr. dont 146.000.000 pour l'Angleterre, 11.000.000 pour la France et le reste pour les autres pays de l'Europe.

*Mexique.* — Le droit de 25.000 francs de transit laisse encore un bénéfice considérable pour les ports du Pacifique ; mais comme il convient d'admettre que les trois quarts du commerce de ce pays avec l'Europe se font sur la côte Atlantique et principalement par les ports de Vera-Cruz, Progreso, Campêche, Tampico, etc., il n'y a lieu de compter qu'un quart pour le Canal, soit..... 14.000.000

*Centre-Amérique* (Costa-Rica, Nicaragua, San Salvador, Guatemala, Honduras<sup>1</sup>). — La Commission, eu égard à la situation actuelle des voies de communication par terre, a cru pouvoir retenir la totalité du commerce avec l'Europe, soit..... 116.000.000

*Colombie.* — Le commerce total avec l'Europe s'élève à 155.000.000 de francs ; comme il est presque entièrement concentré sur l'Atlantique dans les ports de Colon, Sabanilla, Carthagène, etc., nous n'en attribuons au Canal qu'un cinquième, soit.... 31.000.000

*Pérou, Bolivie, Équateur.* — L'application du droit de 25.000 francs laisserait encore un bénéfice en faveur de la traversée par le Canal ; nous retiendrons

1. Ce dernier pays pour mémoire seulement, car il n'a pas actuellement de commerce avec l'Europe s'effectuant par la côte du Pacifique.

la totalité du commerce de ces pays avec l'Europe, soit..... 191.000.000

*Chili.* — Le commerce avec l'Europe a atteint 278.000.000 en 1888.

Comme l'économie de la dépense en mer de la traversée par le Canal, d'Europe à Valparaiso, ou inversement, ne sera que de 9.940 francs, un droit de transit de 25.000 francs entraînerait une perte de 15.560 francs; pour le port d'Iquique, la perte serait encore de 4.000 francs.

On serait donc tenté à première vue de ne rien compter du commerce avec ce pays; mais si l'on réfléchit que lorsque des lignes régulières seront établies entre l'Europe et le Pacifique, les navires qui viendront au Pérou se trouveront très rapprochés du Chili, on reconnaît qu'une partie d'entre eux aura intérêt à descendre dans le sud pour amener et prendre des passagers et des marchandises dans les ports d'Iquique, Valparaiso, etc.

C'est pour cette raison que la Commission a apprécié qu'elle pouvait compter à l'actif du Canal un tiers du commerce du Chili avec l'Europe, soit.. 93.000.000

Le premier groupe donne donc :  
 $167 + 14 + 116 + 31 + 191 + 93 = 612$  millions de francs.

Le diviseur choisi plus haut pour convertir cette valeur en tonneaux de jauge de Suez étant 330, nous arrivons à :

$$\frac{612.000.000}{330} = 1.850.000 \text{ tonneaux,}$$

chiffre auquel il y a lieu d'ajouter, pour le transit actuel par l'Isthme, 240.000 tonneaux, ce qui conduit en résumé, pour le tonnage total afférent au premier groupe, au chiffre de 2.090.000 tonneaux.

#### DEUXIÈME GROUPE

##### *Portion du commerce de l'Océanie et de l'Extrême-Orient avec l'Europe.*

La Commission de statistique de 1879 avait admis que l'ensemble de ce commerce pouvait fournir un quart de sa valeur au Canal. Cette proportion nous a paru trop élevée, tant en raison de la plus courte distance de la Chine, du Japon, de la Malaisie par la voie de Suez, que des escales importantes que les navires rencontreront de ce côté sur le chemin de l'Europe. Si l'on se borne à comparer les deux routes par Colon et par le détroit de Magellan, on reconnaît, en consultant le tableau A, que, pour toutes les îles de la partie australe du Pacifique (Tabiti, les Fidji, Nouméa, la Nouvelle-Zélande, l'Australie, la Tasmanie, Java), le bénéfice, d'ailleurs assez faible, sur la dépense en mer, que procurerait la première de ces routes, serait bien inférieur au droit de 25.000 francs et qu'il serait au contraire supérieur pour la région située au nord de l'Équateur, c'est-à-dire pour Hawaï, la Chine, le Japon, les Philippines; mais, d'un autre côté, pour ces derniers États (ainsi d'ailleurs que pour les îles de la Sonde, l'Australie, la Tasmanie et à plus forte raison

pour l'Inde anglaise), la voie actuelle par Suez avec escales à Aden, Colombo, Singapour, etc., est beaucoup plus courte; Hawaï fait exception, mais comme son commerce avec l'Europe est à peu près nul, il n'y a pas lieu de s'en occuper pour le moment.

La Commission a pensé toutefois que, lorsque le Canal serait ouvert; une portion des exportations européennes qui aujourd'hui traversent par Suez ou doublent les Caps, pourrait être détournée par des navires faisant le tour du monde en passant par Panama; admettant en outre que quelques bâtiments chargeront en Océanie, en partie pour l'Europe et en partie pour l'Amérique où ils compléteront leurs opérations commerciales, elle a estimé qu'une certaine fraction du commerce du deuxième groupe, déjà si important et appelé à de si grands développements, était susceptible d'être attirée dans la clientèle du Canal.

Voici quelles sont ses appréciations pour les diverses régions de ce groupe :

Fidji, Tahiti, Nouvelle-Calédonie, etc., 2/10 du commerce qui est d'environ 20.000.000.....	4.000.000 fr.
Nouvelle - Zélande, Queensland, Victoria, Tasmanie, Nouvelle- Galles du Sud, 1/10 du com- merce qui est de 1.320.000.000, soit.....	132.000.000 "
Indes Néerlandaises, 1/20 seu-	
<i>A reporter</i> .....	<hr/> 136.000.000 fr.

<i>Report</i> .....	136.000.000 fr.
lement du commerce qui est de 486.000.000, soit.....	25.000.000 »
Philippines, 1/10 du commerce qui est de 69.000.000, soit.....	7.000.000 »
Japon, 1/10 du commerce qui est de 254.000.000, soit.....	25.000.000 »
Chine (y compris Hong-Kong et Ma- cao), 1/10 du commerce qui est de 580.000.000, soit.....	58.000.000 »
Ensemble.....	<u>251.000.000 fr.</u>

Soit 250.000.000, qui, avec le diviseur de 500 fr., correspondent à un tonnage de 500.000 tonneaux.

### TROISIÈME GROUPE

#### *Cabotage entre les deux côtes de l'Amérique.*

En prenant, ainsi que nous l'avons dit, New-York comme position moyenne des ports de l'Amérique du Nord, on reconnaît, à l'aide du tableau B, que l'économie en mer résultant du passage par le Canal, sera, pour toutes les traversées, supérieure au droit de transit de 12 fr. 50 par tonneau de jauge. On pourra donc comprendre dans la clientèle du Canal la totalité de ce commerce qu'on peut décomposer comme il suit :

*Du Nord Atlantique au Sud Pacifique.* — Le commerce des ports Atlantique des États-Unis avec le Chili, la Bolivie, l'Équateur, le Pérou et les ports de

Colombie sur le Pacifique, d'après les statistiques, s'élève à..... 51.000.000 fr.

Pour le Canada, le Mexique et l'Amérique centrale (côte est), qui n'ont d'ailleurs que peu de relations avec la côte Pacifique sud américaine, nous n'avons que des documents absolument incomplets. On peut admettre néanmoins une valeur de 4.000.000. »

*Du Nord Pacifique au Sud Atlantique.* — Pour ces régions, les statistiques donnent entre les États-Unis (côte ouest), le Brésil et les Antilles, 5.000.000.

Elles sont muettes en ce qui concerne les relations de la Colombie Britannique avec les mêmes pays, ainsi que pour les échanges entre San Francisco, Vancouver, et la République Argentine, le Paraguay, etc., et en effet le commerce entre ces régions est à peu près nul.

Nous ne portons donc que le chiffre de..... 5.000.000. »

*D'une côte à l'autre de l'Amérique du Sud.* — Pour le cabotage d'une côte à l'autre de l'Amérique du Sud, susceptible de

---

A reporter..... 60.000.000 fr.

*Report*..... 60.000.000 fr.

transiter par le Canal de Panama, les statistiques ne fournissent rien et, en réalité, ce commerce est aujourd'hui à peu près nul, excepté entre le Chili et la République Argentine qui doivent être prochainement reliés par un chemin de fer à travers les Andes et qui d'ailleurs seront toujours plus rapprochés par Magellan que par Panama. Nous ne le mentionnerons donc que pour mémoire.

*D'une côte à l'autre de l'Amérique du Nord.* — Pour le cabotage qui passerait par le Canal pour desservir les deux côtes de l'Amérique du Nord, il y a lieu de compter :

- 1° La valeur des marchandises qui passent déjà par la voie ferrée de Panama, et qui, après avoir été débarquées des navires arrivant à Colon, sont ensuite embarquées sur des navires partant de Panama ; la valeur, d'après l'*Annual Report* des États-Unis, s'en élève à..... 30.000.000 »

---

*A reporter*..... 90.000.000 fr.

	<i>Report</i> .....	90.000.000 fr.
2°	Le commerce maritime passant encore par le cap Horn et le détroit de Magellan était, en 1888, de 185.000 tonnes ; ce qui, au prix de 400 francs la tonne, correspond à.....	74.000.000 »
3°	Le commerce maritime entre le Canada et la Colombie Britannique et celui de ces mêmes pays avec les côtes opposées des États-Unis donne.....	6.000.000 »
4°	La part que la marine reprendrait immédiatement au trafic considérable qui a été enlevé par les chemins de fer à l'ancienne navigation par Magellan ou par le cap Horn, et pour laquelle ceux-ci ne peuvent descendre au-dessous de leurs frais de traction. Cette part nous paraît pouvoir être évaluée au chiffre admis au Congrès de 1879.....	50.000.000 »
En résumé, nous sommes conduits, pour l'ensemble du troisième groupe, à un total de.....		<u>220.000.000 fr.</u>

Ce qui, avec le diviseur de 400 francs que nous avons admis, donne un tonnage de 550.000 tonneaux.

QUATRIÈME GROUPE

*Commerce de l'Extrême-Orient et de l'Océanie avec la  
côte orientale du continent américain.*

L'examen du tableau B montre le bénéfice que le commerce maritime entre l'Atlantique, l'Océanie, la Chine, le Japon, et même les Îles de la Sonde, retirera de la traversée par le Canal en payant un droit de navigation de 12 fr. 50 par tonneau ; mais les navires chargés pour la Nouvelle-Zélande, l'Australie, la Tasmanie ou en provenance de ces pays, verront les bénéfices de la traversée en mer absorbés par les droits de transit ; nous croyons toutefois que, même avec une perte qui restera d'ailleurs légère, une partie de ces navires passera par le Canal ; mais pour les navires à voiles, nous pensons que le choix entre les deux routes ne saurait être douteux et qu'ils préféreront celle du Canal de Panama.

La Commission estime en conséquence comme il suit la part du commerce de chacun des pays compris dans ce groupe, qui pourra passer par le Canal :

1° Archipels de l'Océanie (Hawaï, Fidji, Nouvelle-Calédonie, etc.). — Le commerce des Archipels de l'Océanie était, en 1888, représenté par le chiffre de 89.000.000 dont nous prendrons la moitié seulement, la plus grande partie de ce commerce étant actuellement concentrée sur le Pacifique, ci..... 45.000.000

2° Chine et Japon. — La Chine (y compris Hong-Kong) et le Japon, que nous réunissons parce que plusieurs statistiques concernant ces pays ne font pas de

distinction, avaient ensemble, et d'après de nombreux documents officiels concordant suffisamment entre eux, un commerce de 248.000.000 de francs avec les États-Unis, dont 140.000.000 directement avec la côte Atlantique et 108.000.000 aboutissant actuellement aux ports du Pacifique.

Sans supposer ce commerce augmenté, on peut estimer qu'après l'ouverture du Canal la moitié au moins du trafic actuellement retenu sur le Pacifique empruntera la nouvelle voie et par suite donnera, comme transit possible entre la Chine et le Japon d'une part, et les États-Unis de l'autre,  $140.000.000 + 54.000.000 = 194.000.000$

En opérant de même, et s'appuyant sur les mêmes documents officiels, on trouve, pour le commerce des mêmes pays avec le Canada (côte Atlantique)..... 12.000.000.

Les statistiques ne nous donnent absolument rien pour le commerce de la Chine, du Japon et de tout l'Extrême-Orient avec le Mexique, le Honduras, les Antilles, le Venezuela, les Guyanes, le Brésil, la République Argentine, etc. Nous ne compterons rien de ce chef, mais nous ferons observer que, par suite de l'ouverture du Canal, il s'établira forcément un certain trafic entre ces derniers pays d'Amérique et l'Extrême-Orient, et nous garderons le bénéfice de cette observation au point de vue de l'accroissement du trafic à espérer dans l'avenir.

3° *Philippines*. — Le commerce de Manille et des autres ports des Philippines avec les États-Unis était, en

1888, de 52.000.000 ; nous en attribuons les 3/4 au Canal, soit..... 35.000.000

4° *Australasie* (Australie, Tasmanie, Nouvelle-Zélande). — En 1888, le commerce de l'Australasie avec les États-Unis était de 84.000.000 dont les 4/5 au moins devront emprunter la voie de Panama, car actuellement la part des ports américains de l'Atlantique en atteint presque la moitié.

Nous comptons de ce chef..... 67.000.000

5° *Indes Anglaises* (côte orientale, Birmanie, Établissements anglais du détroit de Malacca, etc.) et *Indes Néerlandaises*. — Ces différents pays ont avec les États-Unis et le Canada un commerce de 128.000.000 environ. Pour Batavia et Singapour et, à plus forte raison, pour tous les ports situés à l'ouest (Birmanie, Indes anglaises), la route est plus courte par Suez ; la plus grande partie de ce commerce devra donc continuer à parvenir aux États-Unis viâ Suez et Gibraltar, souvent même après avoir passé par les entrepôts d'Europe ; nous avons admis cependant que le tiers environ empruntera la voie de Panama, ci..... 43.000.000

En résumé, nous trouvons pour le quatrième groupe le chiffre de :

$$45 + 194 + 35 + 67 + 43 = 384 \text{ millions}$$

En divisant par 400, valeur du tonneau de jauge correspondant aux marchandises de ce groupe, nous arrivons à un total de :

$$\frac{384.000.000}{400} = 960.000 \text{ tonneaux.}$$

*Récapitulation.* — Si nous additionnons les résultats obtenus pour chacun des groupes, savoir :

1 <sup>er</sup> groupe.....	2.090.000	tonneaux.
2 <sup>e</sup> groupe.....	500.000	»
3 <sup>e</sup> groupe.....	550.000	»
4 <sup>e</sup> groupe.....	960.000	»

Nous arrivons au total  
général de..... 4.100.000 tonneaux.

Ce total représente le tonnage net des navires pour lesquels, dès 1888, la route de Panama eût été la voie la plus naturelle et, dans une assez grande mesure, la plus avantageuse, malgré un droit de transit de 12 fr. 50 constituant, pour le navire type d'une vitesse de 250 milles par jour que nous avons envisagé, une dépense supplémentaire de 25.000 francs.

## VI

### Chiffre probable du transit dans les premières années qui suivront l'ouverture du Canal.

Il importe de remarquer que les évaluations ci-dessus ne doivent pas être considérées comme fournissant le tonnage probable, mais bien le tonnage possible dont le Canal prendra une part d'autant plus grande qu'il offrira à la navigation plus d'avantages et de facilités de toutes sortes. Toutefois, en tenant compte de l'accroissement naturel du commerce et en admettant qu'aucune cause extraordinaire ne vienne l'entraver, la Commission croit pouvoir adopter comme tonnage effectivement probable au bout de trois ou quatre ans d'exploitation, le chiffre auquel elle est arrivée ci-dessus, de 4.100.000 tonneaux dont il y aurait incontestablement lieu, si le Canal s'ouvrait aujourd'hui, de retrancher une certaine partie.

Il est certain d'ailleurs que ce tonnage de 4.100.000 tonneaux ne pourra être atteint dès la première année d'exploitation, car il faudra quelque temps pour que la marine du commerce accepte la nouvelle voie et change ses habitudes.

Nous estimons que la première année ne donnera pas plus de 1.000.000 de tonneaux, la seconde 2.000.000, la troisième 3.000.000 et la quatrième les 4.100.000 tonneaux sur lesquels nous avons admis qu'il était permis de compter. Il est bon de rappeler ici ce qui s'est passé au Canal de Suez plus avantageusement placé sous tous les rapports, puisqu'il offre la voie la plus courte entre l'Europe et les pays de l'Extrême-Orient qui constituent le plus vaste marché du monde. En 1870, première année d'exploitation, le tonnage n'a été que de 436.000 tonneaux ; il a atteint 1.370.000 tonneaux dans la quatrième année, 2.350.000 dans la huitième et 4.137.000 après douze ans. En 1889, c'est-à-dire après vingt ans d'exploitation, le trafic n'avait pas encore atteint 6.800.000 tonneaux<sup>1</sup>. On voit donc que nos prévisions d'accroissement du trafic de Panama de 1.000.000 par an, en moyenne, dans les quatre premières années, pourraient être considérées comme exagérées s'il ne convenait pas de remarquer que la nécessité imposée par la traversée de la mer Rouge, de la transformation de la marine à voiles en marine à vapeur, a été, à Suez, la principale cause de lenteur dans l'accroissement du trafic et que cette cause n'existera pas à Panama.

Arrivé à 4.100.000 tonneaux, le trafic continuera certainement à grandir ; le développement naturel des transactions, la création de nouveaux débouchés pour les pays dont la production est aujourd'hui limitée, l'abaissement des assurances et les bénéfices qui en résultent

1. Voir à la fin de ce rapport le graphique du développement commercial du Canal de Suez et de celui que la Commission a prévu pour Panama.

teront donneront, nous en sommes convaincus, un essor rapide au commerce maritime entravé aujourd'hui par les distances à parcourir et par les difficultés d'une navigation toujours pénible, souvent dangereuse.

Nous en tenons compte en portant à 250.000 tonneaux en moyenne l'accroissement annuel de la quatrième à la douzième année et en admettant ainsi qu'au bout de douze ans d'exploitation, le transit atteindra largement le chiffre de 6.000.000 de tonneaux.

Tout en espérant que le trafic s'accroîtra encore dans les années suivantes sous la réserve que le Canal fonctionne dans des conditions entièrement satisfaisantes, et qu'une longue période de paix favorise le développement des transactions, nous ne croyons pas devoir étendre plus loin nos prévisions. Il n'est pas prudent d'escompter l'avenir au-delà d'une certaine limite, surtout dans un siècle où les transformations se succèdent avec tant de rapidité.

Nous pensons d'ailleurs que, dans une vingtaine d'années d'ici, pour atteindre et, à plus forte raison, pour dépasser le chiffre de 6.000.000 de tonneaux, il sera nécessaire d'abaisser graduellement et dans une certaine mesure, le droit de péage du Canal de Panama, afin d'attirer une part un peu plus notable du commerce de l'Europe avec l'Extrême-Orient, la Malaisie, l'Australasie, etc., etc. Cet abaissement, croyons-nous, serait tout à l'avantage du Canal en augmentant la totalité des recettes du transit, grâce à la nouvelle impulsion qui en résulterait pour l'activité commerciale et le développement des échanges.

## VII

### Recettes brutes et recettes nettes probables.

Sur les bases qui viennent d'être indiquées, il nous est facile d'évaluer les recettes pendant les premiers temps d'exploitation.

A la fin de la première année, 1 million de tonneaux de jauge à raison de 12 fr. 50 par tonneau donnerait..... 12.500.000 fr.

De ce chiffre il faut déduire :

1° pour la participation du gouvernement Colombien (Art. 15 du traité de concession) 50/0 de la recette brute et au minimum.. 1.250.000 fr.

2° les dépenses normales d'entretien et d'exploitation que nous avons évaluées à..... 10.000.000 » 11.250.000 »

Les recettes nettes seraient donc  
seulement de..... 1.250.000 fr.

La seconde année, un calcul analogue basé sur le passage de 2.000.000 de tonneaux nous conduit pour les recettes nettes au chiffre de... 13.750.000 fr.

La troisième année, pour 3.000.000 de tonneaux à..... 25.625.000 fr.

La quatrième année, pour 4.100.000 tonneaux à..... 38.687.000 fr.

.....  
La huitième année, pour 5.100.000 tonneaux à..... 50.562.500 fr.

.....  
Quatre années après, c'est-à-dire au bout de 12 ans d'exploitation, époque à laquelle nous avons admis que le tonnage serait arrivé à 6.000.000 de tonneaux, la recette brute atteindrait. 75.000.000 fr.

dont il faudra déduire, pour la participation du gouvernement Colombien, 5 0/0..... 3.750.000 fr.

et pour les dépenses normales d'exploitation ..... 10.000.000 » 13.750.000 »

Il restera donc, pour la recette nette,  
la somme de..... 61.250.000 fr.

Quelle qu'elle soit, cette recette serait à répartir entre les souscripteurs futurs et les souscripteurs actuels, suivant la proportion qui aurait été fixée par le contrat à intervenir entre la nouvelle Société et l'ancienne.

Il est permis d'espérer que les autres sources de revenus, telles que : établissements maritimes, placements de fonds, etc., et plus spécialement location ou vente de portions du domaine de la Compagnie, viendront un jour s'ajouter aux produits du transit. Mais la date à laquelle pourront se réaliser ces recettes supplémentaires est trop incertaine, l'importance qu'elles pourront avoir est trop aléatoire pour que la Commission ait cru pouvoir les mentionner dès à présent autrement que pour mémoire.

---



## PIÈCES ANNEXES

### Note sur le rapport existant entre les diverses unités de tonnage<sup>1</sup>

Les tonnages les plus intéressants à considérer pour l'étude du transit de Panama sont :

Pour les voiliers et les bâtiments à vapeur :

Le *tonnage brut*, obtenu par la méthode Morsoom que nous représenterons par..... 1.000

Pour les navires à voiles de tous pays :

Le *tonnage net*, qui se trouve représenté par..... 945

Pour les bâtiments à vapeur et à hélice :

Les divers tonnages suivants :

a. *Tonnage net dit anglais* (avec toutes les déductions admises en Angleterre, en France, en Autriche, etc...) représenté en moyenne par..... 640

b. *Tonnage net dit allemand*, qui ne déduit que les espaces réellement occupés par l'équipage, les machines, les chaudières et les *soutes fixes*, avec limite à 50 % du tonnage brut ; il est représenté en moyenne par..... 715

c. *Tonnage net dit de Suez* (ne différant que très peu du tonnage dit *danubien*) qui comporte les déductions définies par la Commission Internationale de Constantinople en 1873, limitées dans tous les cas à 50 % du tonnage brut ; il est représenté en moyenne par..... 700

1. On se fera une idée de la complication de la question du tonnage en consultant les ouvrages de M. Kiær, publiés par la Société de Statistique Internationale, et en lisant les procès-verbaux et le rapport de la Commission Internationale de tonnage qui siègea en 1873 à Constantinople. Ces dernières pièces se trouvent dans un volume publié, en 1874, chez MM. Chaix et C<sup>ie</sup>, par les soins de la Compagnie des Messageries maritimes.

# Coefficients de charge des divers ports de France

EN 1888

PORTS	Tonnage total des Voiliers et Vapeurs en charge et sur lest, entrés et sortis (T)	Poids des Marchandises embarquées et débarquées (P)	Coefficient général de charge $\frac{P}{T}$
	Tonneaux	Tonneaux	
Marseille.....	7.512.409	3.800.989	0.506
Le Havre.....	4.287.041	2.022.807	0.471
Bordeaux.....	2.558.646	2.009.935	0.785
Dunkerque.....	2.157.123	1.660.093	0.770
Rouen.....	1.688.522	1.428.758	0.846
Nantes.....	468.055	495.980	1.166
Saint-Nazaire....	1.067.425	825.219	0.723
Cette.....	1.465.213	859.748	0.587
	20.904.434	12.803.529	0.613

# Commerce des pays d'Europe avec la côte Pacifique du continent Américain

TABLEAU RECAPITULATIF ET TOTAUX (EN FRANCS)

PAYS AMÉRICAINS	ANGLETERRE	FRANCE	ALLEMAGNE	AUTRES PAYS	TOTAUX
Colombie britannique.....	fr. 9.364.785	fr. 43.070	fr. 27.500	fr. 30.265	fr. 9.465.620
Etats-Unis (côte Pacifique).....	136.576.025	10.513.755	5.386.190	5.269.805	157.745.775
Mexique } ( 1/5 de la totalité du commerce, sans tenir compte des métaux précieux.....	9.716.294	2.163.750	1.107.500	801.250	13.788.794
Guatemala.....	25.000.000	6.500.000	12.000.000	200.000	43.700.000
Salvador.....	15.000.000	6.700.000	7.000.000	110.000	28.810.000
Nicaragua.....	4.500.000	2.900.000	5.000.000	70.000	12.470.000
Costa Rica.....	13.600.600	6.000.000	11.000.000	120.000	30.720.000
Colombie (1/5 de la totalité du commerce). Equateur.....	25.344.914	3.400.418	2.653.201	»	31.098.533
Pérou et Bolivie.....	14.942.375	4.500.000	4.500.000	»	23.942.375
Chili (1/3 de la totalité du commerce)....	95.250.000	29.000.000	30.000.000	13.000.000	167.250.000
	50.000.000	13.300.000	21.000.000	8.300.000	92.600.000
Totaux.....	399.294.993	84.720.993	99.674.391	27.901.320	611.591.097



# VALEUR DES PRODUITS INDIGÈNES ET ÉTRANGERS

ÉCHANGÉS ENTRE NEW-YORK ET SAN FRANCISCO ET PASSÉS  
PAR L'ISTHME DE PANAMA EN 1888

## 1° Produits Indigènes.

DESIGNATION DES ARTICLES	DE NEW-YORK à SAN FRANCISCO	DE SAN FRANCISCO à NEW-YORK
Instruments d'agriculture.....	8.636 doll.	»
Librairie, Papeterie, Objets d'art.....	140 »	1.450 doll.
Billards, Tables à jeux et accessoires.....	400 »	»
Cirage.....	621 »	»
Livres, Cartes géographiques, Gravures et autres articles imprimés.....	17.361 »	1.050 »
Bronzes manufacturés.....	847 »	»
Orge.....	»	141.652 »
Pain et Biscuit.....	20 »	»
Autres dérivés des céréales.....	1.300 »	»
Briques réfractaires.....	144 »	»
Balais et Brosses.....	1.598 »	»
Chandelles.....	4.615 »	»
Voitures et Chevaux de trait.....	375 »	250 »
Produits chimiques, Drogues, Teintures et Médicaments.....	123.612 »	158.173 »
Horloges, Montres et accessoires.....	732 »	»
Café et Cacao (en fruits ou préparés) et Chocolat.....	220 »	»
Cuivre en lingots et en feuilles.....	60.620 »	15.592 »
<i>Totaux à reporter.....</i>	221.241 doll.	318.167 doll.

## 1° Produits Indigènes (*suite*).

DÉSIGNATION DES ARTICLES	DE NEW-YORK à SAN FRANCISCO	DE SAN FRANCISCO à NEW-YORK
<i>Report</i> .....	221,241 doll.	318.167 doll.
Coton brut.....	180 »	»
Produits de coton.....	995.870 »	6.241 »
Faïences, Porcelaines, etc.....	41.139 »	»
Articles de modes.....	6.040 »	»
Poissons fumés, marinés, conservés, et Coquillages (Huitres).....	5.365 »	212.025 »
Articles fabriqués en Lin et en Chanvre..	411.340 »	»
Fruits (y compris les noix).....	2.560 »	39.230 »
Verres et Cristaux.....	6.648 »	»
Colle forte.....	1.884 »	30.575 »
Graisses et Savons de toute espèce.....	2.521 »	312 »
Poudre à fusil, autres Explosifs.....	»	2.900 »
Crin et produits fabriqués en crin.....	»	4.550 »
Peaux et Cuirs autres que fourrures.....	228 »	78.118 »
Bottes, Souliers et divers objets en Caout- chouc et Gutta-percha.....	45.070 »	420 »
Encre ordinaire, d'imprimerie et autres..	3.349 »	75 »
Instruments et Appareils scientifiques pour télégraphes, téléphones et tous appa- reils électriques.....	1.166 »	»
Fers, Aciers et Produits manufacturés en fer ou en acier.....	1.013.067 »	6.978 »
Joallerie et Objets en or et en argent....	79 »	»
Lampes, Chandeliers et toutes inventions et applications convenant à l'illumination.	694 »	»
<i>Totaux à reporter</i> .....	2.428.441 doll.	699.561 doll.

## 1° Produits Indigènes (*suite*).

DÉSIGNATION DES ARTICLES	DE NEW-YORK à SAN FRANCISCO	DE SAN FRANCISCO à NEW-YORK
	<i>Report</i> .....	2.428.441 doll.
Plomb et objets en plomb.....	4.364 "	120.027 "
Cuir et objets divers en cuir.....	8.788 "	7.400 "
Chaux et Ciment.....	58 "	"
Bière en bouteilles.....	525 "	"
Marbre, Pierres et objets fabriqués.....	13.714 "	"
Instruments de musique, Pianos.....	550 "	"
Matériel de navigation.....	"	5.554 "
Étoupes.....	650 "	"
Huile animale.....	18.675 "	12.394 "
"  minérale.....	7.894 "	"
"  végétale.....	15 "	"
Minerais d'or et d'argent.....	"	2.000 "
Peinture et Couleurs.....	40.508 "	16.996 "
Papiers et articles en papier.....	4.522 "	"
Paraffine et Cire.....	3.338 "	"
Ouvrages en plaqué.....	2.434 "	"
Provisions, y compris Viande et Produits de pâturages.....	85 "	300 "
Mercure.....	"	346.301 "
Chiffons.....	"	63.244 "
Sel.....	47 "	"
Semences, etc.....	3.049 "	31.627 "
Savons.....	35.705 "	"
Épices.....	300 "	"
<i>Totaux à reporter</i> .....	2.573.662 doll.	1.305.104 doll.

1° Produits Indigènes (*suite*).

DÉSIGNATION DES ARTICLES	DE NEW-YORK	DE SAN FRANCISCO
	à SAN FRANCISCO	à NEW-YORK
<i>Report</i> .....	2.573.662 doll.	1.305.104 doll.
Spiritueux.....	14.986 »	19.049 »
Articles de papeterie autres que le papier.	1.357 »	»
Paille, Feuilles de palmier et produits fabriqués.....	195 »	»
Fer-blanc et produits fabriqués.....	119.723 »	8.533 »
Tabacs.....	2.137 »	»
Cigares et Cigarettes.....	8.695 »	558 »
Sacs, Valises et Articles de voyage.....	142 »	1.200 »
Vernis.....	52.644 »	»
Légumes.....	5.672 »	109.489 »
Vinaigre.....	»	2.066 »
Bougies et Cires.....	45 »	140 »
Vins.....	430 »	522.096 »
Bois et Produits fabriqués.....	30.416 »	14.255 »
Laines et Produits fabriqués.....	131.351 »	703.017 »
Zinc et Produits fabriqués.....	2.513 »	»
Articles non mentionnés ci-dessus.....	2.377 »	»
Valeur totale des PRODUITS INDIGÈNES échan- gés entre New-York et San Francisco en 1888 et passés par l'Isthme de Panama	2.946.345 doll.	2.685.504 doll.
Ou en francs (en comptant le dollar à 5 fr. 20).....	15.320.994 fr.	13.964.620 fr.
TOTAL GÉNÉRAL... { en dollars....	5.631.849 dollars	
{ en francs.....	29.285.614 francs.	

## 2° Produits Étrangers.

DÉSIGNATION DES ARTICLES	DE NEW-YORK	DE SAN FRANCISCO
	à SAN FRANCISCO	à NEW-YORK
<b>1° Articles libres de droits.</b>		
Bois de teinture autres qu'en morceaux..	181 doll.	»
Produits chimiques, Drogues et Teintures divers.....	908 »	800 doll.
Coco ou Cacao.....	4.856 »	»
Café.....	636 »	17.130 »
Graines non médicinales.....	1.523 »	»
Poivre.....	3.041 »	»
Autres Épices.....	5.378 »	12.734 »
Thé.....	2.044 »	2.586 »
Étain en barres, en gueuses ou autrement.	4.100 »	»
Autres articles libres d'impôts.....	»	14.850 »
<b>2° Articles soumis aux droits.</b>		
Produits chimiques, Drogues, Teintures..	3.534 »	»
Fruits divers y compris les noix.....	31.080 »	»
Étain de toutes sortes.....	17.126 »	»
Graines non médicinales.....	654 »	»
Pickles et Sauces.....	1.975 »	»
Autres articles soumis aux impôts.....	»	4.348 »
Valeur totale des PRODUITS ÉTRANGERS échan- gés entre New-York et San Francisco en 1888 et passés par l'Isthme de Pa- nama.....	77.005 doll.	52.448 doll.
Ou en francs (en comptant le dollar à 5 fr. 20).....	400.426 fr.	272.730 fr.
TOTAL GÉNÉRAL... { en dollars... en francs....	129.453 dollars 673.156 francs	

## RÉCAPITULATION

	DE NEW-YORK à SAN FRANCISCO	DE SAN FRANCISCO à NEW-YORK
Valeur totale des PRODUITS INDIGÈNES échan- gés entre New-York et San Francisco... TOTAL.....	15.320.994 fr. 29.285.614 francs	13.964.620 fr.
Valeur totale des PRODUITS ÉTRANGERS échan- gés entre New-York et San Francisco... TOTAL.....	400.426 fr.	272.730 fr. 673.156 fr.
TOTAUX.....	15.721.420 fr.	14.237.350 fr.
Valeur totale des PRODUITS INDIGÈNES et ÉTRANGERS échangés entre New-York et San Francisco et passés par l'isthme de Panama en 1888.....	29.958.770 fr.	

Commerce des Pays-Bas avec ses Colonies des Indes  
Orientales pendant la période 1881-1886

ANNÉES	IMPORTATION	EXPORTATION	TOTAL
	Fr.	Fr.	Fr.
1888	94.094.336	236.480.762	330.575.098
1887	82.460.156	228.370.234	310.830.390
1886	89.651.510	180.375.482	270.026.992
1885	90.493.096	194.062.420	284.555.516
1884	86.680.668	150.925.622	237.606.290
1883	72.674.606	161.081.192	233.755.798
1882	78.913.176	106.205.088	185.118.264
1881	84.184.374	106.043.424	190.227.798

Commerce des Pays-Bas avec ses Colonies des Indes  
Orientales pendant la période 1881-1886

ANNÉES	IMPORTATION	EXPORTATION	TOTAL
	Fr.	Fr.	Fr.
1888	94.094.336	236.480.762	330.575.098
1887	82.460.156	228.370.234	310.830.390
1886	89.651.510	180.375.482	270.026.992
1885	90.493.096	194.062.420	284.555.516
1884	86.680.668	150.925.622	237.606.290
1883	72.674.606	161.081.192	233.755.798
1882	78.913.176	106.205.088	185.118.264
1881	84.184.374	106.043.424	190.227.798

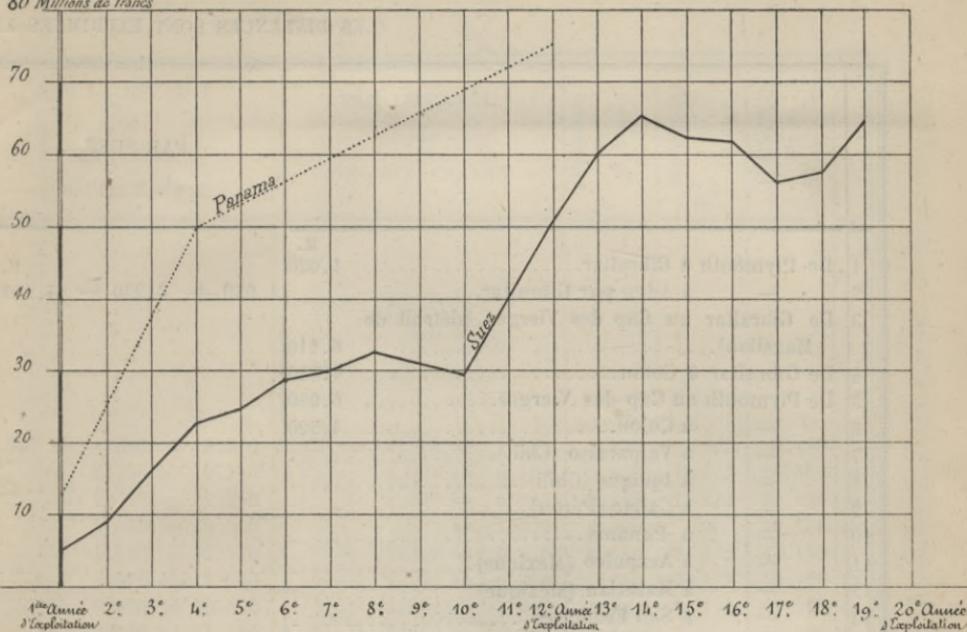
## Trafic du Canal maritime de Suez de 1869 à 1889

ANNÉES	NOMBRE de NAVIRES	GROSS TONNAGE T.	Net tonnage DE SUEZ t.	RAPPORT $\frac{t}{T}$	Recettes annuelles DU TRANSIT fr.
1869(45jours)	77	»	»	»	»
1870	486	654.915	436.609	0.666	5.159.327
1871	765	1.142.200	761.467	0.666	8.993.733
1872	1.082	1.744.481	1.160.744	0.665	16.407.591
1873	1.173	2.085.073	1.367.768	0.655	22.897.319
1874	1.264	2.423.672	1.631.650	0.673	24.859.383
1875	1.494	2.940.708	2.009.984	0.683	28.886.302
1876	1.457	3.072.107	2.096.772	0.682	29.974.999
1877	1.663	3.418.950	2.355.448	0.688	32.774.344
1878	1.593	3.291.535	2.269.678	0.689	31.098.229
1879	1.477	3.236.942	2.263.332	0.699	29.686.061
1880	2.026	4.344.520	3.057.422	0.703	39.840.488
1881	2.727	5.794.401	4.136.780	0.713	51.274.353
1882	3.198	7.122.126	5.074.809	0.712	60.545.882
1883	3.307	8.051.307	5.775.862	0.717	65.847.842
1884	3.284	8.319.967	5.871.501	0.705	62.378.415
1885	3.624	8.985.412	6.335.753	0.705	62.207.439
1886	3.100	8.183.313	5.767.656	0.704	56.527.390
1887	3.137	8.430.043	5.903.024	0.700	57.862.371
1888	3.440	9.437.957	6.640.834	0.703	64.832.275
1889	3.425	9.605.745	6.783.187	0.706	»

— 1° Recettes du Transit. —

— Recettes du Transit par Suez (Effectif) — } 10<sup>m</sup>/m pour 10.000.000 de francs  
 ———— 2° ———— par Panama (prévisions de la Comm. d'Études)

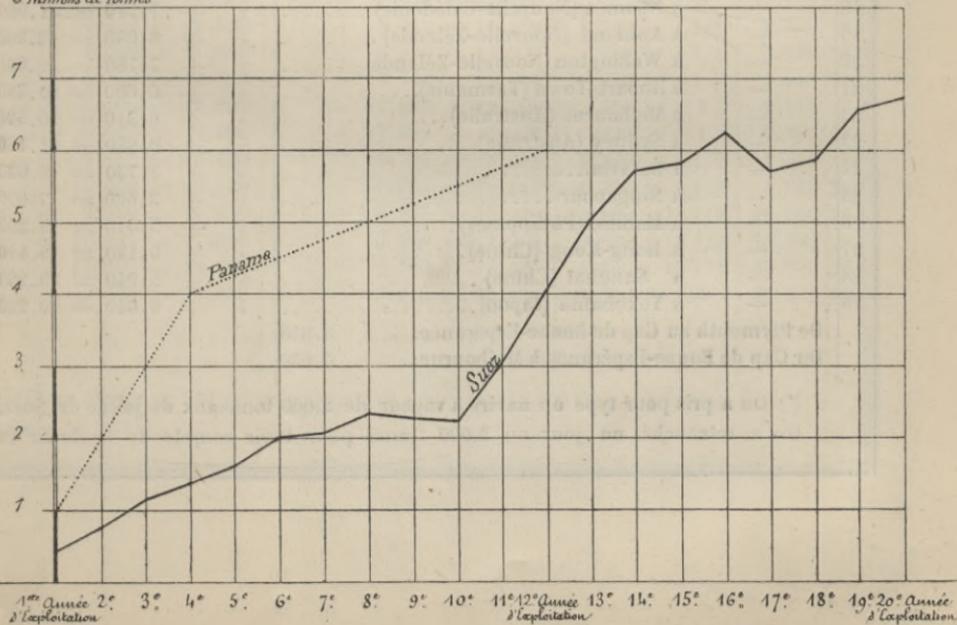
80 Millions de francs



— 2° Tonnage (net de Suez) transit. —

— Net Tonnage de Suez, transité annuellement par Suez (Effectif) — } 10<sup>m</sup>/m pour 1 Million de francs  
 ———— 2° ———— par Panama (prévisions de la Com. d'Études)

8 Millions de Tonnes



## OUVRAGES ET DOCUMENTS CONSULTÉS

---

- Tableau général du Commerce de la France. — Relevé des Douanes, 1888.
- Annuaire du Commerce des Colonies françaises, 1889.
- Annuaire statistique de Block, 1889.
- Almanach de Gotha, 1890.
- Annuaire statistique de la Belgique, 1889.
- Statesman's Year Book, 1889.
- Annual Statement of United Kingdom (Trade), 1888.
- Annual Statement of United Kingdom (Shipping and Navigation), 1888.
- Monatshefte zur Statistik des Deutschen Reichs, 1889.
- Statistical Abstract of United States, 1888.
- Commerce and Navigation of United States, 1889.
- Quarterly Reports (of Statistics) of United States, 1888-1889.
- Annual Report of Chamber of Commerce of San Francisco, 1890.
- Annual Report of the Director of the Mint, 1889.
- Tableaux du Commerce et Navigation du Canada, 1888.
- Return of Trade and trade reports of China, 1887-1888.
- Annual return of the foreign trade of the Empire of Japan, 1889.
- Movimento del Navigazione del Regno d'Italia, 1888.
- Estadística General del Comercio Exterior del España, 1888.
- Estadística General del Comercio del Chili, 1888.
- Estadística del Comercio y Navegacion del República Argentina, 1888.
- The Australian Handbook, 1889.
- Tableau général des distances de port à port, dressé par le Ministère de la Marine et annexé à la loi du 29 janvier 1881 sur la marine marchande.
- Et divers renseignements pris aux Ministères des Finances et du Commerce, dans les légations des nations étrangères à Paris, au Board of Trade en Angleterre et auprès de divers armateurs français, anglais, hollandais, etc.

CARTE DES PRINCIPALES ROUTES  
suivies par les navires à vapeur entre l'Atlantique et le Pacifique

Étude du Trafic

Commission d'études  
du Canal de Panama



Gravé par Erhard 17<sup>me</sup> 35<sup>me</sup> Rue Denfert-Rochereau, Paris.

Imp. Erhard 17<sup>me</sup>







# CANAL INTEROCÉANIQUE DE PANAMA

---

Commission d'études instituée par le Liquidateur  
de la Compagnie universelle

---

VI

## DESCRIPTION GEOLOGIQUE

DES TERRAINS TRAVERSÉS PAR LE CANAL



# DESCRIPTION GÉOLOGIQUE

## DES TERRAINS TRAVERSÉS PAR LE CANAL

L'un des résultats les plus immédiats, et non le moins important, de la Mission envoyée dans l'Isthme par le liquidateur, a été de fournir des données certaines sur la constitution géologique du terrain dans lequel doit être creusé le Canal, sur la nature des roches à entamer et sur les ressources que peut trouver le constructeur dans les fouilles mêmes ou à proximité des chantiers. Ces renseignements ne sont pas complets : l'état des lieux ne permettait pas de tout voir et les recherches nécessaires pour arriver à la connaissance complète de certaines parties profondes du terrain exigeaient une durée plus longue que celle de l'existence même de la Commission d'études. Mais, sauf ces réserves, qui seront examinées plus loin avec quelques

détails, la délégation qui a visité l'Isthme a pu rapporter de très utiles renseignements.

Les constatations qu'il lui a été donné de faire avaient un double intérêt.

D'une part, le prix des travaux devait dépendre à un haut degré de la nature des roches rencontrées : Dures et de bonne tenue, elles coûtaient cher d'excavation, mais offraient, par contre, une assiette sûre, et économique par conséquent, pour les travaux d'art ; tendres et de mauvaise tenue, elles s'entamaient à bas prix, mais exigeaient des talus moins raides, un plus grand entretien, donnaient moins de sécurité et forçaient à assurer la stabilité des ouvrages d'art au moyen de l'emploi de masses considérables de maçonnerie.

D'autre part, l'existence ou l'absence de matériaux de construction (pierres de taille, moellons, cailloux à béton, sable pour mortier, etc.) devait avoir une répercussion directe sur le prix des constructions. Les personnes ayant quelque connaissance des pays tropicaux se rendront facilement compte que l'utilisation de ces matériaux n'était possible qu'à la condition qu'on les trouvât dans le voisinage tout à fait immédiat des futurs chantiers, le moindre transport ne pouvant se faire qu'à dos de bête de somme ou sur rails. Le premier moyen ne peut suffire pour des travaux importants et le second conduit à des dépenses ordinairement considérables.

La Commission a trouvé de très nombreux renseignements relatifs à tous ces points dans les documents de la Compagnie du Canal Interocéanique ; elle en a recueilli également un grand nombre de la bouche des personnes

qui ont bien voulu déposer devant elle et lui exposer leurs projets ou leurs vues.

Elle a malheureusement eu à constater de très sérieuses divergences entre ces diverses sources d'informations et de très regrettables lacunes dans l'ensemble de ces connaissances.

L'exposé qui va suivre sera fait à un point de vue exclusivement pratique. Laissant de côté tout ce qui n'aurait qu'un intérêt théorique, nous ne nous attachons qu'aux faits pouvant avoir une influence directe sur l'exécution du Canal, et notamment sur l'achèvement de l'entreprise conformément au programme que la Commission croit devoir recommander.

Le territoire, aujourd'hui définitivement fixé, sur lequel doivent s'exécuter les travaux, peut, de façon sommaire, se diviser en trois régions qui se distinguent tout aussi bien par leurs caractères géologiques que par la nature desdits travaux :

La région basse du côté Atlantique ;

La région des hauteurs ;

La région basse du côté Pacifique.

---

## PREMIÈRE RÉGION

### *Région Basse du côté Atlantique*

Nous comprenons sous ce nom toute la partie qui s'étend de Colon au k<sup>m</sup> 23,500 environ. Dans toute cette région, le Canal ne traverse que des territoires très peu élevés au-dessus du niveau moyen des eaux de

l'Atlantique. Jusqu'au k<sup>m</sup> 15, ce ne sont guère, à vrai dire, que des marais dans lesquels le Chagres et quelques affluents se répandent et étalent leurs crues sans obstacles. Ils sont bordés, auprès de Colon, par une ceinture de coraux qui cesse vers le k<sup>m</sup> 4 au voisinage du Rio Mindi; ces coraux, assez compacts, peuvent cependant se travailler à la drague.

Au-dessus de cette plaine s'élèvent de rares monticules qui en rompent à peine l'uniformité.

Les premiers que l'on rencontre sont les mamelons de Monkey-Hill dont le tracé échancre légèrement les flancs : la dérivation R.G. (1) n° 1, qui se dirige sur la Boca Grande, à gauche de l'île de Manzanillo, les a entamés sur une épaisseur de 5 à 6 mètres au-dessus du niveau de l'eau; le petit mamelon qui confine au Canal, en arrière de la forme de radoub, a été, en grande partie, dérasé pour fournir du remblai à la plateforme de Christophe Colomb et à l'élargissement de l'isthme de Fox River. Les plus hautes de ces collines ne dépassent guère 25 mètres d'altitude.

La partie supérieure en est constituée par un revêtement d'argile rouge de 4 à 5 mètres d'épaisseur au-dessous de laquelle on trouve une marne grise facile à entamer, très calcaire, à grain fin, se désagrègant par l'exposition à l'air, et contenant de nombreuses coquilles non brisées.

(1) Dans ce rapport comme dans tous les autres, suivant en cela l'usage adopté dans les documents de la Compagnie, le Canal est assimilé à un cours d'eau coulant de Colon à Panama. La R.G. sera donc du côté Sud-Américain, et la R.D. du côté Nord-Américain.

Des collines tout à fait analogues se retrouvent du k<sup>m</sup> 5 au k<sup>m</sup> 6 du Canal et entre les k<sup>m</sup> 6 à 7 de la dérivation précitée R.G. n° 1. Ce sont les collines du Mindi. Le Canal, pour les éviter, eût dû subir une très forte déviation sur la droite au grand détriment des courbes du tracé. C'est avec raison, selon nous, qu'on ne s'est pas arrêté à cet obstacle. L'attaque de ces marnes n'est, en effet, pas difficile, bien qu'elles soient assez compactes lorsqu'elles sont en place ; il suffit de les disloquer à la poudre pour les rendre facilement exploitables à la drague.

Le creusement du Canal s'est ensuite continué jusqu'au k<sup>m</sup> 20 sans difficultés ; les déblais ramenés par les dragues montraient constamment des marnes grises, coquillières, assez uniformes. C'est à peine s'il y a lieu de faire mention d'un seuil marneux un peu plus dur, et dérasé jusqu'à la cote — 4 seulement, au k<sup>m</sup> 10, d'un grès jaunâtre argileux faisant une légère saillie vers le k<sup>m</sup> 13, et d'une glaise verte formant le fond de la fouille entre les k<sup>m</sup> 13,500 et 15.

Du k<sup>m</sup> 17,300 environ jusqu'au k<sup>m</sup> 20 le terrain s'élève légèrement jusque vers la cote 5 ; les berges montrent des argiles bariolées assez ébouleuses.

Au k<sup>m</sup> 20, sur une centaine de mètres, l'affleurement des calcaires noirs fossilifères de Vamos-Vamos vient traverser la fouille et y créer un rapide. Les couches sont fortement relevées et montrent leurs tranches : c'est le seul exemple que nous devons trouver, sur tout le parcours, de roches sédimentaires aussi redressées. Tous les dépôts jusqu'ici reconnus dans la traversée de

l'Isthme et mis à jour par les fouilles, ont conservé leur horizontalité ou s'en écartent de quelques degrés à peine. Ces calcaires, qui ne peuvent se draguer, s'exploiteront sans difficulté avec le secours d'une petite quantité d'explosifs ; ils n'offrent d'ailleurs aucun intérêt pour les travaux.

On peut en dire à peu près autant des marnes à orbitolites que le tracé rencontre immédiatement après la traversée du Chagres au k<sup>m</sup> 22, à l'aval de Peña Blanca. Elles s'étendent jusqu'au k<sup>m</sup> 23,400 et forment, dans le village de Bohio Soldado, une petite saillie sur laquelle est bâtie la maison du chef de section.

Cette première région du Canal ne présente, on le voit, aucune particularité notable : les matériaux rencontrés sont faciles à exploiter, les berges sont basses jusqu'au k<sup>m</sup> 22 ; sauf trois seuils un peu compacts et la marne à orbitolites, tout peut se draguer sans aucune préparation ; la vallée est large et les crues du Chagres peuvent s'y étaler librement après comme avant le creusement du bief de navigation. Rien donc ne vient s'y opposer à l'exécution du Canal à niveau.

---

## DEUXIÈME RÉGION

### *Région des Hauteurs*

Elle s'étend du k<sup>m</sup> 23,500 jusqu'au k<sup>m</sup> 62.

Les collines (*cerros*) se sont rapprochées progressivement ; elles ne vont plus laisser entre elles qu'une vallée

étroite, sans marécages, que le Chagres parcourra en zigzags, butant alternativement contre les masses rocheuses de l'une et de l'autre rive. Le sol sera encore presque partout, sur le versant Atlantique, recouvert par le manteau d'argile rougeâtre qui couronnait les buttes du Mindi et de Monkey Hill, mais les roches adjacentes ne seront plus de même nature.

Les dépôts marneux que l'on rencontrera encore assez souvent dans le thalweg seront plus compacts, mieux stratifiés, sans fossiles : en l'état de nos renseignements, il serait difficile de dire s'ils sont marins ou lacustres. Avec eux, on trouvera encore des parties franchement argileuses, mais, le plus souvent, ces argiles seront mélangées de sable, de gravier, et même de débris rocheux.

Le caractère volcanique de la contrée va s'accroître de plus en plus : non seulement tous les cerros seront composés de matériaux de cette nature, en place ou remaniés, mais le fond même de la vallée présentera fréquemment des dépôts détritiques (brèches, cinérites, tufs), dont les éléments sont d'origine volcanique; de nombreuses coulées viendront d'ailleurs s'intercaler dans les séries sédimentaires et parfois les bouleverser sur une certaine étendue.

Six à sept cents mètres à peine séparent le cerro de Bohio Soldado, de la colline allongée qui lui fait face et s'élève comme lui à la cote 70.

Ce cerro de Bohio mérite une mention spéciale. C'est, en effet, à sa base, au droit de la station du même nom, qu'est placée la carrière si connue d'où proviennent les

matériaux de tous les ouvrages d'art du P.R.R. (1).

La roche qu'on y exploite est une brèche de couleur vert noirâtre, formée de fragments, tantôt arrondis, tantôt anguleux, de roches volcaniques, noyés dans une pâte de même origine où souvent ils se fondent. La masse est homogène, sans traces de stratification. Une faille verticale, plane, mince, sans dénivellation sensible, traverse la colline et limite actuellement la carrière à gauche. Le front de taille a, en ce moment, une quinzaine de mètres de hauteur. La pierre s'attaque d'abord à la dynamite, puis se débite au marteau et se taille à la hachette de maçon, sauf rencontre de quelque rognon de dureté exceptionnelle. Elle prend assez convenablement l'arête; à l'air, elle durcit très sensiblement, adhère parfaitement au mortier et donne, en un mot, d'excellentes maçonneries. Les blocs artificiels du terreplein de Colon, les piles du pont inachevé du Mindi, de celui de Barbacoas, du pont en dessus à Panama, etc., etc., sont des témoins irrécusables de la qualité de cette pierre; certains d'entre eux ont aujourd'hui plus de trente-cinq ans de durée.

L'importance de cette carrière, que l'on peut considérer comme inépuisable, tient à ce qu'elle est précisément au voisinage immédiat du premier étranglement de la vallée où le terrain remonte jusqu'à la cote 10 et où doit se trouver le premier ouvrage destiné à relever le plan d'eau.

Le tracé du Canal est obligé, pour éviter une courbe

(1) Panama Rail Road ou chemin de fer de Panama.

de trop petit rayon, de traverser la butte précitée qui fait face au cerro. Ce massif est l'emplacement tout indiqué du premier groupe d'écluses dont la Commission propose l'adoption.

Les fouilles y seront faciles. Il est, en effet, constitué par un dépôt torrentiel, non cimenté, de matériaux roulés dont les dimensions varient depuis celle du sable jusqu'à celle de gros blocs. Le tout est à peu près exclusivement composé de roches franchement trachytiques, propres à fournir d'excellents matériaux de construction. La dimension des gros blocs exclut la possibilité d'un transport à longue distance; le lieu d'origine de ces matériaux est donc à proximité; néanmoins ce sont les seuls spécimens de trachytes que les travaux aient mis au jour sur tout le parcours.

A partir du k<sup>m</sup> 24,500 jusque vers le k<sup>m</sup> 35, les travaux n'ont rien rencontré qui mérite mention. C'est la grande plaine de Tavernilla. La fouille, peu avancée, y a été amorcée, soit par des dragues venues par le Chagres, soit par des « transporteurs » montés sur place. On n'y a exploité que l'argile rouge superficielle recouvrant d'autres dépôts argileux et sableux.

Quand on a dépassé San Pablo, la fouille entame, sur une assez grande longueur, une roche assez curieuse, de teinte générale grise, mouchetée de taches bleues. On la rencontre déjà dans l'amorce amont de la dérivation R.G. n° 6. Le Chagres la longe et l'entame en amont de San Pablo; les voies de service qui traversent le Chagres au k<sup>m</sup> 36 longent des mamelons qui en sont composés: la dérivation R.G. n° 7 et la cunette

du Canal y sont entièrement creusées jusque vers le k<sup>m</sup> 36,500. La butte Autijon (k<sup>m</sup> 35,700) en offre un très beau spécimen.

C'est une sorte de tuf volcanique, fortement imprégné de calcaire, sauf dans les nodules bleus, très tenace, mais s'attaquant facilement aux explosifs, se taillant à la hachette de maçon, et durcissant notablement à l'air. Nous croyons que cette pierre n'a pas été appréciée à sa juste valeur et qu'elle peut rendre de grands services à l'état de moellons, même parementés, ou de pierre cassée pour béton. On pourrait regretter sa densité inférieure à celle des roches franchement cristallines; par contre, elle prend remarquablement le mortier.

Or, elle se rencontre en quantité illimitée précisément à l'entrée de ce qu'on peut appeler le « détroit » de San Pablo, c'est-à-dire au point que tout concourt à désigner comme étant l'emplacement d'un second ouvrage de retenue des eaux. La distance des carrières aux ouvrages d'art varierait de 500 à 1200 mètres.

D'autres ressources encore existent aux environs du k<sup>m</sup> 37. Nous ne parlerons que pour mémoire de ce que pourraient fournir, soit les mamelons traversés par le tracé entre le k<sup>m</sup> 36,500 et le k<sup>m</sup> 37, soit les fouilles faites en ces points pour l'établissement d'un groupe d'écluses : ce seraient presque exclusivement des cailloux à béton, de nature basaltique, très durs; ces mamelons sont, en effet, constitués par le conglomérat volcanique qu'on a longtemps appelé improprement, dans l'Isthme, du nom de « grès de Gamboa », et dont nous voyons ici la première apparition.

Mais nous signalerons, sur la R. D. du Canal, le grand cerro de Mameï et les petits cerros secondaires qui l'entourent. Le chemin de fer qui s'est trouvé obligé d'en entamer le pied pour asseoir sa voie, a mis à nu un ensemble assez confus de coulées de roches volcaniques avec ou sans inclusions de cailloux, mélange qui fournirait, à quelques centaines de mètres de distance, un approvisionnement encore illimité de matériaux sous forme de moellons et cailloux à béton.

La vallée reste assez étroite en amont de Mameï jusqu'au delà de Juan Grande, puis s'élargit en arrivant vers Gorgona. En même temps, le niveau moyen qui ne dépassait guère la cote 15, s'élève à la cote 20. Depuis le k<sup>m</sup> 39 jusqu'au k<sup>m</sup> 43, partout où le Chagres, le P.R.R. ou les dérivations ont mis à nu la roche constituante des collines qui bordent la vallée, ils ont montré du conglomérat « de Gamboa ».

On le retrouve encore R.D., tout près de la station de Matachin. Mais, au fond de la vallée, dans les fouilles faites pour l'implantation de l'écluse n° 3 du projet de la Compagnie du Canal, on trouve une succession très brouillée de brèches volcaniques, d'argiles relevées et métamorphisées, le tout traversé par une ou plusieurs coulées de roches volcaniques. D'un côté à l'autre de la fouille, la coupe est fort différente.

Sur la R.G. du tracé, au droit du k<sup>m</sup> 44-45 se trouvent les deux cerros Baruco et Santa Cruz, atteignant respectivement les cotes 190 et 60. C'est entre eux que devait passer la dérivation n° 10, destinée à évacuer le trop plein des eaux de la retenue de Gamboa. Les tra-

vaux faits sur 700 ou 800 mètres de longueur n'ont mis à jour que des argiles superficielles, minces, recouvrant du grès argileux qui s'entame à la pioche.

Entre le cerro Santa Cruz et le cerro Obispo (k<sup>m</sup> 45,500), débouche le Chagres, venant couper le tracé précisément au k<sup>m</sup> 45, et c'est sur ces deux cerros que devait s'appuyer le *barrage de Gamboa*. Il y a lieu de noter ici que l'un des résultats du travail de la Délégation envoyée dans l'Isthme a été de constater authentiquement l'ignorance complète où l'on se trouve encore des cotes des roches en place au fond du lit du Chagres.

Du k<sup>m</sup> 46 au k<sup>m</sup> 47, le Canal traverse un terrain accidenté dont le sous-sol est presque exclusivement formé de roches volcaniques noires, compactes ou bulleuses, empâtant ou non des cailloux ou des galets, mais toujours dures. On y trouve le type et toutes les variétés du « conglomérat de Gamboa ». L'écluse n° 4 du projet de la Compagnie était entièrement creusée dans un mamelon de cette nature, le cerro Corrosita.

La pente de la vallée de l'Obispo que le Canal remonte depuis le k<sup>m</sup> 45, est plus forte que celle de la vallée du Chagres. Au k<sup>m</sup> 47, la cote du sol est 25 mètres : au k<sup>m</sup> 48, elle atteint 35 mètres, à 500 mètres plus loin, elle monte à 40, puis à 50 au k<sup>m</sup> 49, devant l'embouchure du Rio Sardanilla. Enfin, à partir du k<sup>m</sup> 49,500, point où la Compagnie du Canal avait projeté son écluse n° 5, on atteint les cotes 59 et 60 qu'on conserve durant toute la traversée de la « plaine du Lirio » et jusqu'au k<sup>m</sup> 53,600, limite, vers le Pacifique, de la section d'Emperador.

Au point de vue des déblais à effectuer, cette longueur de six kilomètres et demi n'offre, en l'état, aucune particularité bien remarquable : notons seulement, au k<sup>m</sup> 48,300, le tuf à nodules verts déjà rencontré auprès de San Pablo, le conglomérat peu consistant de l'écluse n° 5 du projet de la Compagnie (k<sup>m</sup> 50,500), et celui du k<sup>m</sup> 52, fort analogue ; partout ailleurs, la fouille, très peu avancée, n'a entamé que le terrain superficiel. Les renseignements sur le sous-sol en profondeur ne peuvent donc actuellement être demandés qu'aux sondages. Le nombre en est, il est vrai, assez considérable, mais l'interprétation en est fort difficile.

Ils ont, à très peu d'exceptions près, été faits au trépan : les matières provenant des trous de sonde étaient donc complètement dénaturées. L'examen, par cela même, en était rendu plus difficile, et il ne paraît pas qu'il ait été confié à des personnes suffisamment exercées. Aussi la Délégation a-t-elle eu à constater des erreurs, non sans importance, dans la détermination des terrains et roches étudiés par les sondages.

Dans le parcours de la section d'Emperador, ils indiquent, au-dessus de la cote 25, une assez faible proportion de roches dures : aucune indication de surface ne permet de contrôler cette appréciation.

Au point de vue des matériaux de construction, si tant est qu'il en puisse être besoin dans ces parages, on en trouvera en abondance dans les cerros voisins du P.R.R. ou du Canal, notamment aux chutes de l'Obispo (k<sup>m</sup> 48 à 48,500), sous la forme de roche

d'épanchement, noire et dure : dans la tranchée du k<sup>m</sup> 48,300 sous forme de tuf à nodules verts : dans les roches schisteuses métamorphiques du k<sup>m</sup> 48,700 : dans le banc de roche compacte (k<sup>m</sup> 50,100 à 50,300), appelé la carrière Jacquemin : dans les coulées volcaniques interstratifiées du cerro des Échelles (k<sup>m</sup> 51) : sans préjudice, bien entendu, de tout ce que fourniraient les cotteaux, bordant la vallée à gauche et à droite, qui n'ont jamais été examinés.

Vers le k<sup>m</sup> 54, commence à proprement parler la traversée du col de « la Culebra », séparant le cerro de ce nom, du cerro Lirio. Les cotes du terrain primitif s'élevaient jusqu'à 101<sup>m</sup>50 sur l'axe du tracé : le fond de la cuvette d'attaque ne dépasse pas aujourd'hui la cote 72<sup>m</sup>, au point le plus élevé, et ne descend pas, du côté Atlantique, au-dessous de la cote 66.

Les parties supérieures de la tranchée sont aujourd'hui difficiles à examiner au point de vue géologique. La surface en est très altérée par les poses de voies et le passage des déblais ; de plus, des mouvements de terrain se sont étendus jusqu'à plus de 400 mètres de l'axe R.G. On ne commence à voir la coupe des terrains qu'à une faible distance de l'axe et à la cote 80 environ. Ce sont d'abord des argiles compactes passant du blanc au rouge violacé dans la même couche ; elles ont plusieurs mètres d'épaisseur et reposent sur une série d'argiles sableuses d'origine probablement volcanique ; entre ces deux séries, s'intercale, au k<sup>m</sup> 54,200, une coulée d'andésite jaunâtre de plus de 3 mètres d'épaisseur, venue du sud, et qu'on suit, en la remontant, sur plus de

300 mètres ; les argiles sableuses reposent à leur tour sur une couche de grès à éléments cristallins fortement cimentés, remplie de débris végétaux. Les parties basses de la tranchée sont dans des argiles très sableuses, jaunes, toutes différentes des précédentes. Les tranches des différentes couches sont exactement au même niveau des deux côtés et sont presque parfaitement horizontales, mais les argiles bariolées supérieures sont à peine représentées sur la R.D.

Ici encore, les travaux ont mis au jour des matières dont la nature et la disposition se sont montrées bien différentes de ce que les sondages avaient annoncé ; il était fort à craindre que ces divergences allassent se continuant et même s'aggravant en profondeur. Préoccupée de ces incertitudes et désireuse de les faire disparaître, au moins en partie, autant que cela lui était possible, la Délégation fit faire trois puits, dans la cunette, aux points kilométriques 54,300, 54,800 et 55,220.

Le premier a traversé d'abord les argiles bariolées et grises, puis la couche d'andésite, puis des argiles plus ou moins dures jusqu'à la cote 58 où il était entré dans un banc de poudingue dur avec empreintes végétales, qui n'était pas encore franchi, au moment du retour de la Délégation.

Le second dont le fond était à la cote 51, à la même date, avait traversé des argiles schisteuses superficielles, puis les argiles bariolées et grises avec nombreuses « glaces de friction », puis du sable fin (0<sup>m</sup>30) recouvrant 0<sup>m</sup>50 de schiste ligniteux, vers la cote 50. Au fond, à la cote 48, on était depuis deux mètres dans

une couche d'argile durcie avec cailloux, qui ne s'entamait qu'à la dynamite, bien que la simple exposition à l'air en amenât la décomposition au bout de quelques semaines; cette roche présentait encore de très nombreuses « glaces de friction ».

Le troisième qui était arrivé à la cote 48, avait donné très sensiblement les mêmes résultats que le numéro 2: argiles grises avec refoulements, sables, schistes ligniteux, mais les argiles du fond étaient différentes et contenaient des nodules de calcite.

Ces trois puits (et quelques sondages faits dans le voisinage) ont fourni des renseignements un peu précis sur la constitution du col dans le milieu de l'emprise, jusqu'à la cote 55 d'un côté et 48 de l'autre. Il ont confirmé la presque parfaite horizontalité des couches suivant la direction du Canal et montré que le désaccord entre les faits observés et les documents continuait en profondeur.

A ce col de la Culebra, une autre question se présente, qui ne s'était encore posée pour aucun autre point du tracé.

La coupe en long fournie par les travaux déjà exécutés, prolongée dans une certaine mesure en profondeur par les trois puits précités, accuse l'horizontalité des couches suivant l'axe: aucune coupe en travers n'éclaire sur leur disposition dans le sens transversal. Si le cerro Culebra et le cerro Lirio avec ses dépendances étaient antérieurs au dépôt des couches du col, rien ne s'opposerait à ce que l'horizontalité desdites couches persistât aussi dans le sens transversal.

L'état des lieux ne permet pas de voir clairement ce qui se rapporte aux collines de la R.D. Mais il en est tout autrement de la R.G. Les travaux déjà faits et les éboulements qui en ont été la conséquence, ont permis d'avoir la certitude que l'épanchement basaltique du cerro Culebra et de ses prolongements vers Cucaracha était postérieur au dépôt des couches du col.

La sortie de la roche volcanique a donc produit sur les terrains environnants les effets inévitables et constants de ce phénomène géologique. Elle a relevé les couches tout autour de la boutonnière d'émission et en a étiré les parties les plus voisines en les entraînant. La Délégation a, en effet, eu devant les yeux le revêtement d'argiles étirées avec glaces de friction verticales, mis à nu par les affaissements de terrain, conséquences de l'excavation de la tranchée. Elle a fait exécuter une galerie à la cote 120,40, au k<sup>m</sup> 54,600, qui a trouvé au revêtement en question, une épaisseur, en ce point, de 20 mètres.

Il eût été très important de savoir suivant quelle courbe se faisait le raccordement de ces parties étirées et redressées des couches avec les parties restées horizontales. Il eût fallu pour cela mener une galerie depuis la cunette jusqu'à l'âme rocheuse du cerro. C'était un travail peu dispendieux, mais d'une durée trop longue. La Délégation n'a pas jugé qu'il y eût lieu pour elle d'ordonner ce travail.

Il subsiste donc une incertitude regrettable sur l'allure de l'inclinaison des couches dans la direction du cerro Culebra. Il est impossible de savoir quel

pendage elles auront à leur rencontre avec le talus de la tranchée, talus dont l'avancement horizontal vers le cerro sera un peu supérieur à l'approfondissement de la cunette. Il serait fort possible que, sur un certain parcours, l'inclinaison des surfaces de stratification de cette masse en grande partie argileuse, dépassât l'angle limite du frottement de stabilité, d'où la nécessité d'enlever les parties de couches qui seraient dans ces conditions.

Il a fallu, de ce chef, prévoir une dépense éventuelle d'une certaine importance.

La pente moyenne du sol est beaucoup plus forte du côté Pacifique que du côté Atlantique. L'ancien niveau n'était déjà plus qu'à la cote 40 au k<sup>m</sup> 56, et à la cote 30 au k<sup>m</sup> 57. Entre les k<sup>m</sup> 55 et 57, la fouille, peu avancée d'ailleurs, n'a rencontré que des terrains argileux d'assez mauvaise tenue ; à ce dernier point, c'est-à-dire dans l'emprise de l'écluse n° 7 du projet de la Compagnie, les roches dures reparaissent. Elles forment l'âme de tous les cerros voisins, cerro Nitro, cerro Coyo, etc., dont les deux petits mamelons où se trouve logée la tête amont ne sont eux-mêmes que des dépendances. Quels que soient par conséquent les ouvrages de retenue que l'on veuille établir en ce point, on en trouvera les matériaux, moellons et pierre cassée, à moins de 500 mètres.

Du k<sup>m</sup> 57 au k<sup>m</sup> 58, le sous-sol de la plaine est composé des mêmes matériaux basaltiques, conglomérats et coulées sans cailloux ; de même le cerro de la Station ; de même encore, la tête amont de l'écluse n° 8 du projet de la Compagnie.

On baisse encore d'une dizaine de mètres en passant au k<sup>m</sup> 59 où l'ancien niveau n'était qu'à la cote 25. Dans ce parcours, la fouille, très peu avancée, montre des terrains sédimentaires marins, gréseux et marneux, médiocrement consistants, horizontaux.

A Pedro Miguel, dans la fouille de l'écluse dite n° 9, le basalte perce ces couches et coupe l'emprise en biais, de la R.G. tête amont à la R.D. tête aval, montrant au premier point une belle masse à structure colonnaire.

Après avoir passé ces mamelons qui atteignaient avant dérasement la cote 40 et avaient forcé le Rio Grande à rejeter son cours vers la R.D., on voit le niveau du sol s'abaisser brusquement jusqu'à la cote 5, et l'on entre dans la longue plaine de l'estuaire du Rio Grande.

Il y a très peu de travail effectué jusqu'au k<sup>m</sup> 62 où se trouve la fouille de l'écluse projetée n° 10 que la Délégation a fait vider, comme elle avait déjà fait pour l'écluse n° 8. Les parois de la fouille exposent une bonne coupe des terrains de cette plaine. La partie supérieure est une succession de sables plus ou moins argileux avec traces charbonneuses. Dans le fond, les marnes et argiles compactes dominent, avec intercalation de roches d'origine volcanique, le tout formant un terrain très incompressible. Vers la tête aval, une masse d'aspect gréseux formée d'éléments volcaniques peu agrégés se montre au niveau du sol.

La Délégation a tenu tout particulièrement à se rendre compte de la nature du sol en ce point à cause des énonciations et renseignements très contradictoires

que la Commission avait reçus à ce sujet. La vérification faite sur place, après vidange de la fouille et explosion de cinq coups de mine échelonnés sur l'axe, a démontré que les inquiétudes excessives qu'on avait cherché à faire partager à la Commission, reposaient sur des opinions formulées à la légère ou de parti pris. L'écluse de marée, dont l'utilité n'est plus guère discutée et dont l'emplacement désigné paraît bien être au k<sup>m</sup> 62, peut donc y être construite avec sécurité. La construction en exigera bien entendu des bajoyers complets, ce dont on n'avait jamais douté, mais ne présentera aucune difficulté extraordinaire. Il est même probable que les marnes compactes et roches similaires qu'on a atteintes à la cote — 4 seront peu perméables, et que les épaissements seront beaucoup moins importants qu'on n'aurait pu le craindre à priori.

---

### TROISIÈME RÉGION

#### *Région Basse du côté Pacifique*

A vrai dire, cette région commence dès après le k<sup>m</sup> 59 : c'est pour laisser l'écluse à marée dans la précédente que nous avons prolongé celle-ci jusqu'au k<sup>m</sup> 62. Au surplus, c'est surtout à partir de là que le caractère maritime de l'estuaire du Rio Grande s'accuse définitivement. Le fleuve s'élargit beaucoup plus qu'il n'est nécessaire pour débiter le volume ordinaire de ses eaux, il se vide et s'emplit avec la marée, et suit un cours

très capricieux au milieu d'un terrain fort peu consistant, couvert de mangliers. Le Canal est tracé en plein « manglar » dont la fermeté va en diminuant à mesure qu'on approche de la mer.

Jusqu'au k<sup>m</sup> 65,300, les travaux sont à peine amorcés sur trois points.

Le seul accident de terrain à signaler sur le tracé est la petite butte de Cardeñas, s'élevant de cinq ou six mètres au-dessus du sol dans l'emprise, et constituée d'une espèce de meulière d'eau douce.

Mais la Délégation avait à vérifier dans la traversée du manglar un fait d'une certaine importance. Il avait été allégué, et même très affirmativement allégué devant la Commission, que le terrain du manglar « soufflait », en d'autres termes, que le dépôt, sur les berges, des produits du dragage faisait enfoncer celles-ci et remonter d'autant le fond de la fouille. La Délégation a trouvé dans l'état des berges et dans la permanence du niveau de la végétation aux points incriminés, une démonstration tout à fait rassurante du peu de fondement des assertions précitées. Il paraît à peu près certain que le remplissage de la cunette après dragage, si tant est qu'il ait eu lieu, ne s'est pas opéré par voie de soulèvement du fond, mais par voie de retour des produits du dragage, soit que les fascinages de défense de la crête des berges aient été insuffisants, soit que la boue liquide soit revenue par les innombrables petits ruisselets qui sillonnent le manglar.

Il n'y a rien à signaler du k<sup>m</sup> 65,300 jusqu'au k<sup>m</sup> 69. Là un pointement d'andésite vient faire un légère saillie

dans l'emprise du Canal. C'est un accident de peu d'importance dont on aura facilement raison avec la dynamite.

Les questions qui se rattachent au chenal maritime proprement dit sont traitées dans un autre rapport. Il ne nous reste plus à mentionner ici que les roches des îles Naos, Culebra, Perico et Flamenco. Au cas où une digue d'enrochements serait nécessaire pour relier Naos à la pointe Farfan, les matériaux en seraient fournis par les roches volcaniques dures dont ces quatre îles fourniraient des quantités inépuisables avec de grandes facilités de chargement sur gabares, à cause de la disposition accore de leur rivage.

---

Dans tout l'exposé qui précède, les seuls matériaux de construction dont il ait été parlé sont les *pierres*. Encore n'y a-t-il jamais été fait mention de *pierres de taille*. Quelques mots à ce sujet peuvent être utiles.

Parmi les pierres de taille dont on aura besoin pour les ouvrages d'art à prévoir figurent au premier rang celles qui entreront dans la construction des têtes d'écluses, y compris l'emplacement des portes, des seuils de déversoirs, des parapets, et on recherche généralement, pour cet objet, des roches denses, dures, cristallines et peu cassantes, telles que les granites, les porphyres ou les trachytes. De pareilles roches n'existent pas dans l'Isthme à portée des travaux, quoi qu'en disent les profils, dits géologiques, de la Compagnie du Canal

et certains renseignements dont personne n'a pu produire la justification.

La roche de Bohio Soldado et le tuf à nodules bleus offriraient vraisemblablement une dureté insuffisante : il ne resterait donc que les roches basaltiques, car les conglomérats et les bancs analogues à ceux du k<sup>m</sup> 50,100 (carrière Jacquemin) pécheraient peut-être par défaut de régularité. Les basaltes de l'Isthme offriraient, il est vrai, un grand choix et l'on trouverait dans les îles de la rade des matières grisâtres de qualité tout à fait exceptionnelle par leur densité, leur ténacité ; seulement elles n'échapperaient pas au défaut général de toute cette catégorie de roches, qui est d'être plus ou moins cassantes.

Mais il y a plus : les études de la Commission l'ont amenée à conclure qu'il était désirable, dans l'intérêt de l'économie des travaux, d'éviter autant que possible l'emploi, dans l'Isthme, d'ouvriers spéciaux tels que des tailleurs de pierre. Pour des constructions neuves, et pour les pierres de taille spécialement précitées, il sera préférable d'envoyer d'Europe les matériaux tout appareillés.

Il reste à parler des mortiers.

Des deux éléments dont ils se composent l'un, le sable, pourra se trouver dans l'Isthme, l'autre devra être importé.

Nous avons signalé la butte de Bohio comme pouvant fournir une certaine quantité de sable et gravier : ces matières seront assez propres et trouveront facilement leur emploi, après classement, dans la confection des mortiers et bétons ; la matière en est excellente : ils sont

exclusivement feldspathiques et quartzeux ; mais la quantité en sera très limitée.

Les sables du côté Pacifique sont trop fins pour être utilisés.

Le Chagres ni le Rio Grande n'en fournissent.

Il faut donc recourir au sable de mer.

Il n'y en a jamais eu beaucoup sur la côte de l'Atlantique, toute entière bordée de coraux, et la qualité en était fort médiocre. Aujourd'hui, il n'y en a plus du tout, par suite des apports argileux faits dans la baie de Limon par les clapets qui desservaient les dragues.

Il reste heureusement la côte de Panama, rocheuse et sans coraux, où l'on trouve du sable, produit de la trituration des roches volcaniques bordant les rivages. En face même de Panama, et hors de l'influence des apports vaseux de la vallée du Rio Grande, la côte est sableuse sur une longue étendue. C'est le lieu d'approvisionnement pour toutes les constructions exécutées jusqu'ici dans l'Isthme par la Compagnie du chemin de fer et par celle du Canal. Ce sable est malheureusement très calcaire à cause des nombreux débris de coquilles qu'il contient : il devra être tenu compte de cette condition dans l'emploi des mortiers.

La quantité en paraît devoir être au niveau des besoins, à cause du développement de la côte qui conserve son caractère jusqu'à une très longue distance dans la direction du Vieux Panama.

Quant aux chaux et ciments, ils devront, nous l'avons dit, être importés.

On rencontre bien, au droit du k<sup>m</sup> 50, sur le P.R.R.,

un gîte de calcaire et, d'autre part, la vallée du haut Chagres, à quelques kilomètres en amont de Gamboa, est entièrement entaillée dans des falaises calcaires ; mais toutes ces roches ne donneront que de la chaux grasse qui serait tout à fait insuffisante pour les travaux du Canal. D'ailleurs, eût-on même trouvé dans l'Isthme des gîtes de chaux et ciments, il est fort douteux qu'on eût eu avantage à y organiser une fabrication offrant la sécurité et la régularité indispensables.

---

De tout ce qui précède, il ressort que la fouille du Canal sera partout creusée dans des terrains imperméables et que les retenues d'eau, supposées établies aux points qu'indique la Commission, ne seront exposées à aucune déperdition. Il est même plus que probable, à cause de la configuration du pays, que la cunette, en s'approfondissant, deviendra le collecteur d'une certaine quantité d'eaux souterraines qui trouvent aujourd'hui d'autres issues.

---

Avant de terminer ce rapport, il est nécessaire de toucher au sujet qui a causé de légitimes préoccupations à certaines personnes : nous voulons parler des tremblements de terre et de leurs conséquences possibles sur la stabilité des différentes parties du Canal.

La Délégation avait été chargée de recueillir tous les renseignements que son séjour dans l'Isthme lui per-

mettrait de se procurer en recourant : 1° aux témoignages des habitants et à la tradition ; 2° à l'état des constructions d'ancienne date ; 3° aux observations faites par la Compagnie du P.R.R.

1° Il n'y a rien de précis à tirer de la première source d'informations. Tout le monde s'accorde à dire que les tremblements de terre sont fréquents dans l'Isthme, mais personne ne paraît y attacher d'importance. D'ailleurs aucun document statistique, aucune observation régulière : dates, durée, amplitude, direction, rien n'est enregistré.

2° Ce sont évidemment là les plus sûrs témoins que l'on puisse consulter. Malheureusement ils sont peu nombreux : Les tours d'une église du xvii<sup>e</sup> siècle au Vieux Panama, des constructions postérieures au xvii<sup>e</sup> siècle à Panama, et la vieille église de la ville de Cruces, dans la vallée du haut Chagres. En dehors de cela, il n'y a plus dans l'Isthme que des maisons de date récente, dont les plus hautes à Panama ont trois étages.

La vue des constructions encore debout au Vieux Panama, des pans de murs isolés (ruines d'anciens couvents) à Panama, de la cathédrale bien conservée, etc., démontre que, depuis deux siècles, les tremblements de terre ont peu d'intensité sur cette partie de la côte.

En 1882, il s'en produisit un plus notable qu'à l'ordinaire ; aucun dégât n'en résulta cependant sur la côte, mais les tours de la vieille église de Cruces (en amont de Gamboa) s'écroulèrent.

Elles dataient probablement du xvii<sup>e</sup> siècle. Il est malheureusement impossible aujourd'hui de savoir quelle

part devrait revenir dans cet accident à l'état du monument. On se sent néanmoins bien tenté d'admettre que, si le phénomène avait eu, à Panama, l'intensité qu'il a eue à Cruces, les pans de murs isolés mentionnés ci-dessus auraient eu le même sort que les tours de l'église dont la construction était certainement plus massive.

N'est-il pas d'autre part bien naturel de croire que la zone centrale dans laquelle est située Cruces, zone dans laquelle les épanchements de roches volcaniques se sont multipliés à l'infini, est plus exposée que les plages basses des deux côtes à l'activité sismique.

3° Les ouvrages du P.R.R. n'apportent aucune lumière sur ce sujet : ils sont trop peu importants, soit comme œuvres d'art, soit comme tranchées, et n'ont jamais eu à souffrir des tremblements de terre.

Rien de bien concluant n'est à tirer de tout cela. Il en reste seulement la constatation que l'activité sismique n'est pas éteinte dans l'Isthme et qu'elle est sujette à des retours dont personne ne peut prévoir l'intensité.

Après avoir pesé les risques résultant de cette incertitude, la Commission est arrivée aux conclusions suivantes :

1° En ce qui concerne les tranchées courantes, y compris celle d'Emperador, et les ouvrages d'art ordinaires, tels que les piles et culées des ponts à construire pour la déviation du chemin de fer, il ne Lui paraît pas qu'il y ait lieu d'adopter des dispositifs spéciaux en vue du danger des tremblements de terre.

2° En ce qui concerne les écluses, les types qu'Elle recommande Lui paraissent pouvoir supporter sans dom-

mage les secousses de la nature de celles qui se sont produites dans l'Isthme depuis deux siècles.

3° En ce qui concerne les barrages de retenue des eaux, la Commission a dû tenir compte de l'indétermination complète de l'orientation des oscillations possibles. Elles sont évidemment sans action nuisible, si la direction en est parallèle au plan de retenue ; mais, si cette direction tend à devenir normale à ce plan, l'influence de la force vive de l'eau ne saurait être négligeable, tant la masse en est grande. La Commission a trouvé dans cette considération un nouveau et puissant motif pour Lui faire recommander l'emploi de très larges cavaliers de remblai sur la face aval des barrages.

4° En ce qui concerne les tranchées de la Culebra spécialement, Elle voit dans les ébranlements sismiques, même faibles, une condition favorable à la mise en mouvement des terrains offrant des surfaces de glissement inclinées. Elle insiste donc de nouveau sur la nécessité de précautions à prendre dans la tranchée du cerro Culebra et sur celle d'étudier, par un ou plusieurs travers-bancs, l'allure des couches entre le talus et le massif volcanique.





CANAL INTEROCÉANIQUE  
DE PANAMA

---

Commission d'études instituée par le Liquidateur  
de la Compagnie universelle

---

VII

NOTE

SUR L'ACHÈVEMENT DU CANAL A NIVEAU



## NOTE

### SUR L'ACHÈVEMENT DU CANAL A NIVEAU

---

Après avoir étudié l'achèvement du Canal Interocéanique sans sortir de la situation existante, telle qu'elle résulte de la concession encore en vigueur et de la crise qui s'est produite, la Commission a pensé qu'il ne serait pas inutile d'envisager l'hypothèse d'une reprise de l'œuvre sur les bases dont avait parlé la Commission des voies et moyens du Congrès de 1879, c'est-à-dire en admettant une nouvelle concession par le Gouvernement Colombien et une garantie collective d'intérêt donnée par tous les États à une Société Internationale d'exécution.

Si elle était réalisable, cette hypothèse placerait l'entreprise dans des conditions nouvelles. La garantie accordée serait vraisemblablement, pendant un certain

nombre d'années, une charge pour les États intéressés; mais elle constituerait une subvention au commerce du monde, et aurait pour compensation le développement plus rapide de ce même commerce. Quel que soit son chiffre, elle serait d'ailleurs acceptable, ainsi que l'a fait remarquer la Commission de 1879, pour les budgets réunis des États intéressés, qui s'élèvent annuellement à plus de dix milliards.

Un homme très haut placé, énergique, persévérant, prenant en main cette idée, arriverait-il à la faire triompher? Nous n'oserions l'affirmer; mais, s'il réussissait, il est certain qu'un horizon nouveau s'ouvrirait et que le plan d'exécution devrait être conçu sur des bases plus larges qu'aujourd'hui. Avec ce puissant concours, il ne serait plus loisible de dire que le Canal à niveau n'est pas réalisable. On serait même probablement amené à reprendre cette solution du problème, solution qui n'imposerait pour ainsi dire plus de limite, soit au trafic, soit à l'accroissement de la dimension des navires, et serait incontestablement la plus satisfaisante de toutes, s'il était pratiquement possible d'y arriver.

Il peut donc être intéressant de s'arrêter quelques instants sur ce sujet, en cherchant, malgré l'insuffisance des renseignements recueillis, à se faire une idée de la dépense et des travaux auxquels on serait conduit par l'adoption d'un Canal à niveau.

I

Le creusement du Canal proprement dit, c'est-à-dire la tranchée à pratiquer dans toute l'étendue de l'Isthme, est la partie la plus importante de l'ensemble des travaux à prévoir. Le cube des terrassements à exécuter peut être évalué avec une certaine approximation dans toute la partie en plaine et, dans la région montagnieuse, on peut encore s'en rendre compte pourvu qu'un large imprévu soit réservé, en raison des accidents à craindre dans une fouille qui atteindra, au sommet du col, 110 mètres de profondeur sur l'axe et, peut-être, 150 mètres sur les bords. On se trouvera là, il faut le reconnaître, en présence d'un ouvrage sans précédent, et qui est de nature à amener bien des mécomptes. Néanmoins, l'œuvre, comme l'a dit le Congrès de 1879, n'est pas au-dessus des ressources de l'art des constructions et il est permis d'asseoir, à son sujet, une prévision, une fois les données du projet déterminées.

Tout d'abord, la Commission estime que le tracé actuel devrait être maintenu. Il semble bien choisi ; il longe le chemin de fer existant lequel est un précieux auxiliaire, et son adoption utiliserait tous les travaux faits jusqu'à ce jour ; il n'y aurait donc pas à hésiter.

En ce qui concerne la section à donner à la cuvette, la double voie serait incontestablement la disposition la plus avantageuse pour le transit, mais la coupure à travers le massif central prendrait alors de telles proportions que, même en faisant abstraction de la question

de dépense, on ne pourrait plus assigner un terme acceptable à son exécution. Il ne faut pas perdre de vue, en effet, que la vallée de l'Obispo, ainsi que celles du Chagres et du Rio Grande, entre San Pablo et Pedro Miguel, sont étroites et sinueuses. On ne peut y placer des courbes à grand rayon sans entamer tantôt un versant, tantôt les deux et un élargissement, fût-il même de beaucoup inférieur à celui qui se réalise, en ce moment, à Suez, pour arriver à deux voies, rendrait la difficulté insurmontable. On serait forcément ramené, sur une grande partie du parcours, à la voie unique, c'est-à-dire à des dimensions analogues à celles qui ont été prévues pour le Canal à point de partage.

Toutefois, il convient d'observer ici que la tranchée centrale deviendrait beaucoup plus longue, et constituerait à travers la Cordillère un véritable défilé de 24 kilomètres de longueur dans lequel les garages eux-mêmes ne sauraient être très multipliés. Il pourrait, dès lors, être avantageux de donner un peu plus de largeur, 25 mètres par exemple, au plafond, de façon à permettre le croisement de deux navires de dimension moyenne. Ce serait une ressource précieuse dans les moments de presse, en même temps que les grands bateaux y trouveraient, avec plus de sécurité, la possibilité de mieux gouverner et d'accélérer leur marche, avantages d'autant plus marqués que la navigation ne rencontrerait plus d'autre arrêt que l'écluse de marée à construire sur le Pacifique.

Dans le même ordre d'idées et pour que le Canal puisse desservir dans l'avenir la même navigation que

le Canal de Suez, il conviendrait que le mouillage y fût porté à 9<sup>m</sup>00, c'est-à-dire que le busc de l'écluse de marée fût à 9<sup>m</sup>00 au-dessous des plus basses mers à Panama. La cuvette du Canal serait alors creusée jusqu'à 9<sup>m</sup>50 au-dessous du niveau moyen de la mer, afin d'emmagasiner les matières qui seront entraînées par les pluies sur les immenses talus de l'ouvrage.

D'après ces données, le volume des terres et roches restant à fouiller et à transporter serait d'environ 109.500.000 mètres cubes et, en leur appliquant, par section, les prix prévus pour le Canal à écluses, on arriverait à une dépense de..... 835 millions.

Il faudrait y ajouter les mêmes accessoires qu'au Canal à écluses, soit :

Des bassins avec chenaux à Colon		
et à Panama.....	21	—
Des garages.....	7	—
Une écluse de marée.....	12	—
Total pour le Canal proprement dit...	<hr/>	
	875	millions.

## II

Vient ensuite l'aménagement des eaux du Rio Chagres qu'il est impossible de maintenir dans la portion étroite de sa propre vallée, même avec un Canal à écluses, si on veut l'isoler de ce Canal. Or, avec un Canal à niveau, l'isolement s'impose, puisque la cuvette se place à 15 mètres au-dessous du sol et que les grandes crues

du Chagres la dominant de 23 à 24 mètres. Dans ces positions respectives, malgré l'endiguement, tôt ou tard le fleuve reprendrait le thalweg et, surtout, avec la constitution du sol de l'Isthme, il est permis de dire que tenter une œuvre semblable serait courir à un désastre. Il faudrait nécessairement, ou réduire le débit maximum du Chagres et de ses affluents à un volume relativement faible (3 ou 400 mètres cubes par seconde, par exemple), ou dériver cette rivière et la jeter dans une autre vallée.

Réduire dans la proportion de 7 à 1, un fleuve qui débite, dans ses grandes crues, de 2 à 3.000 mètres cubes par seconde, c'est-à-dire emmagasiner la presque totalité de la crue occasionnée par des pluies tropicales dans une vallée argileuse de 2.000 kilomètres carrés, est une entreprise dont il serait difficile d'affirmer à l'avance la possibilité. On ne pourrait y arriver que par la création d'un immense réservoir qui, habituellement à un niveau peu élevé, se remplirait pendant la crue pour se vider peu à peu, pendant la période qui suit. C'était là la destination primitive du réservoir à grande hauteur qui devait être établi à Gamboa et servir de régulateur au Chagres, en emmagasinant un milliard de mètres cubes. Les études auxquelles on s'est livré depuis, en faisant apprécier l'importance du fleuve, ainsi que la nature hétérogène et peu solide du terrain sur lequel le barrage devait être assis, ont mis en relief la difficulté de cette solution et rien de définitif n'a été arrêté.

On a pensé alors à une régularisation moins complète,

c'est-à-dire à un barrage moins haut, en compensant cette insuffisance de hauteur au moyen d'un écoulement auxiliaire par une vallée voisine. Il ne serait sans doute pas impossible d'y arriver à l'aide d'un souterrain percé à travers la Cordillère et reliant la vallée d'un des affluents de rive gauche du Chagres à celle d'un des cours d'eau qui tombent dans le Pacifique. On aurait, par ce tunnel, un écoulement indépendant de la vallée du Chagres et, tant par cette issue nouvelle que par l'emmagasinement que réaliserait un barrage de moyenne hauteur, on pourrait peut-être arriver à affranchir la partie de vallée occupée par le Canal, de l'irruption des eaux au moment des grandes crues.

C'est là une idée qui demanderait à être étudiée, si l'on croyait à la possibilité, au point de vue financier, de construire un Canal à niveau. Pour le moment, on en est réduit aux conjectures et l'orographie de la Cordillère aux environs du tracé du Canal n'est pas assez connue pour qu'il soit permis d'émettre une opinion technique sur cette solution. A plus forte raison est-il impossible de lui assigner un prix. Tout ce que l'on peut dire, c'est que les premières évaluations du grand barrage de Gamboa s'élevaient de 60 à 80 millions, et qu'un souterrain à percer dans les conditions que présente l'Isthme de Panama serait une opération aussi longue que coûteuse, étant admis que la section aurait une dimension suffisante pour desservir un écoulement important. On le répétera ici, il est impossible de fixer un chiffre de dépense pour l'aménagement des eaux du Chagres ; ce chiffre ne serait certainement pas inférieur à cent

millions ; il pourrait être beaucoup plus considérable ; une étude spéciale permettrait seule de s'en rendre compte et les recherches de ce genre, au milieu de forêts vierges et de montagnes inexplorées, sont une œuvre difficile.

### III

On doit se demander également quel serait le temps nécessaire à l'achèvement du Canal à niveau. La question peut être résolue sans trop de difficulté pour la partie des travaux connue, toute réserve étant faite au sujet de celle qui reste à étudier.

Le chantier qui exigerait le plus de temps serait évidemment la coupure de la Cordillère où, sur 10 kilomètres de longueur, on trouve à Emperador et à la Culebra une tranchée de 59 millions de mètres cubes à fouiller et, ce qui est encore plus difficile, à transporter. C'est le temps à consacrer à cette tranchée qui mesurerait le délai d'exécution.

En supposant qu'on puisse enlever par chaque extrémité 1.500.000 mètres cubes, soit ensemble 3 millions de mètres cubes par an, on serait conduit à un délai de vingt ans. Or, jusqu'ici, dans les moments de plus grande hâte, alors que les conditions de prix permettaient de recourir aux moyens les plus coûteux, on n'a pas pu, sur ce point spécial, dépasser un million de mètres cubes par année.

Cependant le matériel ne faisait pas défaut, la tranchée présentait dans sa partie supérieure une très

grande largeur, se prêtant à l'établissement de nombreuses voies ferrées, alors que la partie inférieure, se rétrécissant à mesure que la fouille descendra, accroîtra de plus en plus les difficultés. Pour admettre, au prix normal, et malgré une situation de plus en plus défavorable, un rendement annuel augmenté de moitié, la Commission a dû escompter, dans une mesure trop large peut-être, les perfectionnements que pourront apporter aux procédés habituels l'expérience locale à acquérir ainsi que l'importance de l'entreprise. Il ne faut pas perdre de vue que, si l'avenir peut apporter parfois des inventions pratiques et profitables, il amène souvent, quand on se lance dans la voie des essais, surtout sur une semblable échelle, des insuccès et des pertes de temps.

En somme, il serait imprudent de compter sur moins d'une vingtaine d'années pour creuser le Canal à niveau, et nul ne pourrait répondre que le délai ne serait pas plus long.

#### IV

Comme pour le Canal à écluses, la Commission a admis que les travaux faits, le matériel et les établissements créés seraient mis gratuitement à la disposition de la nouvelle Société d'exécution. Il semble donc équitable, surtout dans la nouvelle situation où l'on se place, de tenir compte aux anciens souscripteurs de la valeur de leur apport, estimé dans le Rapport général à 450 millions, et de prendre cet apport en charge. On peut objecter, il est vrai, que, dans l'hypothèse d'un Canal à

niveau, tous les travaux faits seraient plus complètement utilisés que par le Canal à écluses ; mais, d'autre part, l'importance et la durée des travaux à faire ne permettraient plus d'affirmer que le matériel sera suffisant pour terminer l'œuvre. En somme, comme il ne s'agit pas ici d'une évaluation même approximative, mais simplement d'une idée à se faire de la dépense, on admettra le même chiffre, soit 450 millions.

V

En partant des données qui viennent d'être posées, voici le chiffre auquel on serait amené :

Le creusement du Canal avec accessoires, c'est-à-dire bassins, chenaux, garages et écluse de marée.....	875 millions
L'aménagement des eaux du Chagres, au minimum.....	100 »
L'imprévu, évalué à 20 0/0 des sommes qui précèdent.....	195 »
Surveillance et direction, 1/10 du tout.....	117 »
Apport des anciens souscripteurs à prendre en charge.....	450 »
Total.....	<u>1.737 millions</u>

VI

Il reste à envisager les charges financières, c'est-à-dire les frais de constitution du capital nécessaire, ainsi

que l'intérêt à payer aux souscripteurs pendant l'exécution des travaux.

Ici, il faut bien faire une hypothèse sur les conditions dans lesquelles serait accordée la garantie des gouvernements intéressés, si l'on veut chiffrer le capital qui devrait être appelé.

La Commission a supposé d'abord que les gouvernements accorderaient une garantie d'intérêt à l'exploitation d'un Canal fait, mais ne l'étendraient pas à la construction d'un Canal à faire.

D'autre part, l'intérêt garanti pendant l'exploitation ne saurait être trop considérable, sous peine de troubler l'équilibre des valeurs de chaque pays. En tenant compte du taux actuel de l'argent dans la plupart des États intéressés, on ne saurait espérer plus de 3 1/2 0/0. C'est là une perspective qui n'est pas de nature à amener le sacrifice des intérêts pendant la construction et le moins qu'il soit possible d'accorder, c'est encore ce taux de 3 1/2 qui, pour une durée de vingt ans, par appels successifs, représenterait un total de 35 0/0.

Quant à la constitution du capital, l'énormité de la somme à demander, l'appel à faire dans le monde entier et, il faut bien le reconnaître, l'absence de bénéfices immédiats, ne permettent pas de compter, dans ce cas comme dans l'autre, moins de 5 0/0, en sorte que le capital de 1.734 millions devrait être majoré de façon que cette somme reste nette après prélèvement des 40 0/0.

Le capital à appeler s'élèverait, en conséquence,  
à..... 2.890.000.000 fr.  
ou, en nombre rond, à..... 3 milliards;

ce qui, en raison des hypothèses faites, doit être plutôt au-dessous qu'au-dessus de la vérité.

Dans les considérations qui précèdent, il a été admis implicitement que la situation des anciens souscripteurs serait liquidée par le remboursement de la valeur de leur apport, sauf à en affecter le produit, s'ils le jugent utile, à la nouvelle opération. Ce remboursement serait d'ailleurs échelonné dans la période d'exécution des travaux, de manière à produire le même effet, au point de vue des intérêts, que le reste du capital.

Si la Commission a pris comme base de ses calculs cette combinaison financière, c'est uniquement pour fixer les idées. On pourrait d'ailleurs en imaginer beaucoup d'autres qui amèneraient à un résultat analogue ; mais il serait prématuré de se livrer aujourd'hui à des recherches de ce genre, car le choix ne peut être fait qu'après l'adoption du principe et en tenant compte de l'état du marché à ce moment.

## VII

En ce qui concerne les frais d'entretien et d'exploitation, il serait impossible de s'en rendre compte, tant que de nouvelles études n'auraient pas établi la possibilité d'aménager les eaux de la vallée du Chagres de manière à en éviter l'invasion. Pour pouvoir pousser jusqu'au bout la comparaison, tout en restant dans la limite inférieure de dépense, on admettra la même somme que pour le Canal à écluses, soit, par an, 10 millions.

VIII

Les recettes du Canal à niveau seraient au début les mêmes que celles du Canal à écluses : il faut un certain temps pour que la navigation trouve sa voie et que de nouvelles relations se nouent, en sorte que les premières années seraient certainement peu productives. Il arrivera toutefois que la progression du trafic sera plus rapide, en raison des facilités données, et l'on peut se demander quelle sera cette progression.

Le Canal de Suez qui est à niveau, qui n'a même pas d'écluse de marée et qui, comme trait d'union entre de grands centres commerciaux, gardera bien longtemps la supériorité, offre un terme de comparaison dont il est rationnel de profiter. Après être sorti de la période hésitante du début, il a atteint, en 1881, 4.200.000 tonneaux et s'est trouvé ainsi dans une situation analogue à celle que les prévisions de la Commission attribuent, au bout de 4 ans, au Canal de Panama. De 1881 à 1890, sa fréquentation est arrivée à 6.800.000 tonneaux, accusant ainsi un accroissement de 290.000 tonneaux par an, soit 0,069 du trafic au point de départ.

En supposant que le Canal de Panama suive la même marche ascensionnelle, et qu'on puisse maintenir longtemps la taxe de 12 fr. 50 par tonneau de jauge, il est aisé de voir que la garantie cesserait de fonctionner après environ 19 ans, étant admis que, comme dans la

concession actuelle, le Gouvernement Colombien retiendrait 5 0/0 de la recette brute.

Cinq ou six ans après, le taux de l'intérêt pourrait atteindre 4 0/0 et, pour qu'il s'élevât à 5 0/0, toujours dans les mêmes hypothèses, il faudrait encore sept à huit années.

## IX

Ces calculs, on ne saurait assez le répéter, ne doivent en rien être envisagés soit comme une estimation des dépenses, soit comme une prévision de trafic commercial. Ainsi qu'on l'a déjà dit, des incertitudes de toute nature pèsent sur cette question du Canal à niveau et elle reste à l'état de problème. En en faisant ce rapide examen, la Commission a eu principalement pour but d'en faire envisager l'étendue et d'exposer les motifs pour lesquels elle lui a paru dépasser les forces d'une entreprise d'intérêt privé. On ne pourrait y penser que dans le cas où elle serait reprise, comme la Commission de 1879 en avait eu la pensée, sur les bases d'une entente générale et de l'intervention de ce que l'on pourrait appeler un syndicat d'États. La question serait alors reprise *ab ovo* et il n'appartient pas à la Commission de préjuger la solution technique et financière à intervenir.

CANAL INTEROCÉANIQUE  
DE PANAMA

---

Commission d'études instituée par le Liquidateur  
de la Compagnie universelle

---

VIII

EXAMEN

DE DIVERS PROJETS PRÉSENTÉS A LA COMMISSION

CAVAL INTERROGATION  
DE BANANA

Commission d'interrogation par le Juge  
de la Compagnie universelle

EXAMEN

DE DIVERS PROJETS PRESENTES A LA COMMISSION

# EXAMEN

## DE DIVERS PROJETS PRÉSENTÉS A LA COMMISSION

---

Un assez grand nombre de personnes ont pris la peine de soumettre au Liquidateur ou d'envoyer directement à la Commission d'études, des projets d'ensemble ou de détail, en vue de l'achèvement de la voie de communication destinée à réunir les deux Océans, de Colon à Panama. Presque toutes l'ont fait de la façon la plus désintéressée, n'ayant pour but que de contribuer au succès de l'œuvre sans y chercher un profit personnel.

La Commission a dûment examiné tous les documents qui lui ont été remis. Elle a, en outre, à nombreuses reprises, fait appel à la bonne volonté, soit des auteurs de ces communications, soit d'autres personnes plus ou moins au courant des choses de l'Isthme à divers titres, pour leur demander le développement verbal de leurs idées, l'exposé de leurs plans, des éclaircissements sur des points douteux, etc., etc. A

tous ces collaborateurs elle adresse ici de sincères remerciements pour l'aide qu'ils ont bien voulu lui apporter dans l'accomplissement de la tâche difficile qui lui était confiée.

Elle croit de son devoir de consacrer une subdivision de son rapport au compte rendu descriptif et sommaire des plans et projets, d'ensemble ou partiels, qui lui ont été soumis. Il lui a paru tout d'abord que c'était une justice à rendre à ceux qui lui avaient apporté leur concours que de donner, dans les limites dont elle disposait, à toutes les propositions qui avaient été formulées, la même publicité qu'à ses propres conclusions. Beaucoup d'entre elles d'ailleurs, contenant des idées ingénieuses ou mettant en relief des côtés importants du problème à résoudre, ont fourni à la Commission de très utiles points de comparaison et ont largement contribué à l'éclairer dans ses recherches et dans la discussion du programme auquel elle s'est arrêtée. D'autre part, elle a pensé qu'il pourrait ne pas être sans intérêt pour les lecteurs du rapport d'avoir entre les mains le moyen de se faire, au moins sommairement, une idée juste des autres solutions.

## PROJETS

Nous parlerons d'abord des projets d'ensemble conçus en vue de la substitution au Canal à niveau, reconnu impossible pour le moment, d'une autre voie de transport pour les navires.

On peut les grouper en quatre catégories se distin-

quant les unes des autres par l'idée fondamentale dont ils sont l'application :

1° Canal isolé, complètement séparé des cours d'eau qui s'écoulent par des collecteurs artificiels latéraux.

2° Canal recevant tous les cours d'eau, et, comme conséquence, création de barrages transversaux avec déversoirs.

3° Transport mécanique des navires par voie ferrée sur une certaine portion du parcours.

4° Traversée de la Culebra en tunnel.

#### PREMIER GROUPE

Il ne comprend à vrai dire que deux projets :

A. Celui à l'exécution duquel la Compagnie avait consacré ses derniers efforts après l'abandon du Canal à niveau. Il est exposé dans une brochure publiée par la Compagnie et que connaissent bien tous ceux qui se sont occupés de la question : *Notes techniques sur les dispositions générales adoptées pour l'ouverture du Canal en 1890 et son exploitation*. Paris 1888.

B. Celui de M. Leygues, ancien ingénieur auxiliaire des travaux de l'État. Indépendamment du dossier remis à la Commission, M. Leygues a fait connaître ses idées au public par une brochure avec plan, publiée en 1889, et intitulée : *Notice sur l'achèvement du Canal Interocéanique de Panama dans des conditions rationnelles de travaux, de déblais et de dépenses*. Il a été entendu par la Commission dans la séance du 9 novembre 1889.

A. — *Projet de la Compagnie, dit projet de Canal provisoire à écluses.*

Depuis la rédaction de la note précitée et des plans et profils qui l'accompagnaient, on a adopté ou proposé, en cours d'exécution, quelques modifications qui n'altèrent pas sensiblement l'économie générale du projet. Les traits essentiels en restent les suivants :

Canal à voie unique ; plan d'eau du bief central à la cote 49.

Cinq écluses à sas unique sur chaque versant, ayant respectivement les emplacements et hauteurs de chute ci-dessous :

				Longueur des biefs en k <sup>m</sup> .	
N <sup>o</sup> 1	— de k <sup>m</sup>	22,514 à 22,750	— 8 mètres	—	4,170
N <sup>o</sup> 2	— de k <sup>m</sup>	36,920 à 37,156	— 8 »	—	6,459
N <sup>o</sup> 3	— de k <sup>m</sup>	43,615 à 43,855	— 11 »	—	2,155
N <sup>o</sup> 4	— de k <sup>m</sup>	46,010 à 46,250	— 11 »	—	3,970
N <sup>o</sup> 5	— de k <sup>m</sup>	50,220 à 50,460	— 11 »	—	5,400
N <sup>o</sup> 6	— de k <sup>m</sup>	55,560 à 55,800	— 11 »	—	1,100
N <sup>o</sup> 7	— de k <sup>m</sup>	56,900 à 57,140	— 11 »	—	0,620
N <sup>o</sup> 8	— de k <sup>m</sup>	57,760 à 58,000	— 11 »	—	1,100
N <sup>o</sup> 9	— de k <sup>m</sup>	59,100 à 59,336	— 8 »	—	2,504
N <sup>o</sup> 10	— de k <sup>m</sup>	61,840 à 62,800	— 8 ± 3		

La fermeture des écluses obtenue au moyen de portes en fer, à doubles parois étanches, allégées par des compartiments à air, démasquant les pertuis par un mouvement rectiligne transversal, en roulant suspendues à un pont métallique supérieur, qui, à son tour, une fois la porte logée dans son enclave, tourne sur un pivot et vient se poser sur le bajoyer.

La maçonnerie des massifs des portes faite en béton

de ciment revêtu de plaques de fonte (dispositif Eiffel).

Cinq déviations du P. R. R.<sup>1</sup> mesurant ensemble environ 20.500 mètres, la dernière partant au droit du kilomètre 53,200, faisant le tour par la droite du cerro Lirio pour rejoindre la ligne à 500 mètres R. G., à l'aval de la station de Paraiso.

Deux traversées du Canal par la ligne ferrée aux kilomètres 35,300 et 57,700 sur des ponts tournants.

Les cours d'eau des deux rives du versant Atlantique captés dans des biefs artificiels latéraux, encaissés dans le terrain naturel ou formés par des digues en terre, et établis en contre-haut du Canal jusqu'à San Pablo. Du côté Pacifique, le Rio Grande, le seul dont le volume d'eau mérite attention, capté au droit du kilomètre 55 et conduit par une dérivation artificielle dans la Quebrada Mallejon au bas de laquelle un premier barrage de retenue soutient les eaux à la cote 16, niveau supérieur de l'écluse n° 9; au-dessous de ce barrage, les eaux se répandant librement dans la vallée jusqu'aux ouvrages de retenue les soutenant à la cote 8, à l'amont de l'écluse n° 10.

L'alimentation du bief de partage assurée au moyen de machines élévatoires d'une force de 6.950 chevaux-vapeur prenant l'eau à la cote 27, et envoyant par seconde 16 mètres cubes à la cote 50.

La réserve nécessaire à cet effet étant constituée par un vaste bassin emmagasinant, entre les cotes 30 et 27, 30.000.000 de mètres cubes, et créé au moyen d'un

<sup>1</sup>1. Panama Rail Road ou chemin de fer de Panama.

barrage en remblais de 400 mètres de long, de 250 mètres de largeur en crête, placé en aval de Gamboa entre le cerro Obispo et le cerro Santa Cruz et arasé à la cote 45.

Ce dispositif complété par le creusement d'un émissaire-déversoir des crues du Chagres derrière le cerro Baruco, arasé à la cote 30, et calculé de façon à débiter dans les grandes crues du Chagres un volume de 1.200 mètres cubes par seconde.

Quant à l'exploitation, elle devait se faire par convois pouvant se rencontrer et se garer aux trois seuls garages prévus, à l'aval des écluses extrêmes et dans le bief n° 3, les calculs de la Compagnie tendant à établir que le passage d'un convoi entre ces deux points extrêmes serait de 19 heures, la durée d'une éclusée de 60 minutes, et la capacité de transit de 7.500.000 tonnes.

\*  
\* \*

Il serait inutile de se livrer ici à une discussion critique des dispositions du projet dont les caractéristiques les plus saillantes viennent d'être rappelées. Cette discussion se trouve faite implicitement dans les différents rapports spéciaux où la Commission a produit les justifications de ses propositions.]

Il suffira de mentionner, comme sources d'objections graves à faire à ce projet, les quelques points suivants :

Le défaut de longueur de certains biefs, aggravé par le fait qu'ils sont établis en courbe, y rendrait les manœuvres fort difficiles ; de plus, les éclusées y produi-

raient des dénivellations et des appels d'eau dont les conséquences ne paraissent pas avoir été suffisamment appréciées.

Les sas sont uniques, les garages en nombre insuffisant; la durée d'un sasement est comptée trop courte, tandis que le tonnage par écluse est compté très élevé. La capacité de trafic ne serait donc très probablement pas celle sur laquelle on a compté.

Le système d'écluses ne serait certainement pas inapplicable : mais le dispositif des portes oblige, surtout dans le cas de sas doubles accolés, à un grand élargissement de l'emprise de maçonneries des têtes ; la construction des têtes en béton revêtu de fonte est, d'autre part, un procédé qui aurait besoin d'être sanctionné par l'expérience avant d'être appliqué dans l'Isthme. Réussirait-on à créer un barrage à Gamboa en jetant simplement des déblais en wagon en travers du lit de la rivière? Cela est fort douteux.

En ce qui concerne les dérivations R. G., il a été reconnu par la Délégation que les projets en avaient été établis sur des données inexactes : elles ne débiteraient pas la quantité qu'on entend leur livrer, et cette quantité serait vraisemblablement dépassée. Est-il possible, dans de pareilles conditions, de les mettre en contre-haut du Canal sur plus de vingt kilomètres?

L'alimentation par machines ne doit pas être considérée comme irréalisable, mais elle n'offre assurément pas la sécurité d'une alimentation directe.

Le Canal enfin serait deux fois traversé par le P.R.R. ; la sujétion qui en résulterait à tour de rôle pour l'une et

l'autre circulation amènerait souvent un trouble excessif dans les deux exploitations.

*B. — Projet Leygues.*

Le projet que M. Leygues a fait remettre au Liquidateur au mois de juillet et qu'il a exposé et complété devant la Commission au mois de novembre est, sur la plus grande partie de son tracé, très analogue au projet précédent : il en utilise à peu près tous les travaux faits, et cela à dessein, dans un but d'économie.

Il s'en distingue surtout par les traits suivants :

Après en avoir admis les deux premières écluses et s'être élevé à la cote 16 (côté Atlantique), il monte au niveau 61, du bief de partage, par deux ascenseurs conjugués dont le dispositif n'est pas suffisamment détaillé. Quoi qu'il en soit, en *quatre* opérations le navire flottant est porté successivement aux niveaux 27,75 — 36,00 — 48,50 et 61. Il redescend du côté Pacifique aux niveaux successifs 46,00 — 31,00 — 16,00 et 1,00 par deux autres ascenseurs conjugués, en quatre opérations, et entre dans le Canal à niveau par une écluse de marée établie à Corozal.

Il résulte de ce dispositif une économie considérable de terrassement, puisque la tranchée de la Culebra ne serait plus qu'à la cote 52,75 (avec une profondeur d'eau admise de 8<sup>m</sup>,25, sans plus). Cette diminution influe directement sur la durée des travaux, qui, selon l'auteur, serait réduite à trois ans.

M. Leygues établit également un barrage en remblais à Gamboa. Mais il lui donne 50 mètres en crête, et l'arase

à la cote 36, avec 5 mètres de revanche au-dessus des plus grandes crues. La différence maxima de niveau entre l'amont et l'aval n'est que de 15 mètres. Il maintient le déversoir du Baruco, mais à la cote 20, et lui donne, par étranglement ou autrement, un débit maximum de 900 mètres cubes seulement par seconde.

Il renonce aux portes roulantes et leur préfère des portes tournantes allégées par des caisses à air.

Dans les ascenseurs il admet une vitesse de 0<sup>m</sup>,04 par seconde et montre par ses calculs que la succession des bateaux ne pourra se faire dans le Canal qu'à des intervalles de 1 heure et demie; la dépense d'eau par ascenseur et par opération se réduit à 5.600 mètres cubes.

L'alimentation en serait assurée par les eaux de l'Obispo et du Rio Grande; l'insuffisance, s'il y en avait une, ne serait que de courte durée. L'alimentation des écluses du côté Atlantique se ferait au moyen des eaux du Chagres.

L'estimation totale de l'exécution avec charges financières n'atteindrait, suivant l'auteur, que 600.000.000, et la capacité de trafic serait de 8.000.000 de tonnes.

\*  
\*  
\*

M. Leygues a été séduit, comme l'avait été Boyer avant lui, par l'application des ascenseurs hydrauliques. Il y trouvait la suppression des difficultés d'alimentation et une énorme économie. Les difficultés supprimées se trouvèrent malheureusement remplacées par d'autres. Les résultats du fonctionnement des as-

censeurs d'Anderton, des Fontinettes et de La Louvière, où l'on élève, au moyen d'un seul piston, des bateaux de 60, 300 et 360 tonneaux à des hauteurs respectives de 15<sup>m</sup>, 13<sup>m</sup>,13 et 15<sup>m</sup>,40, fournissent d'assez médiocres termes de comparaison pour l'étude d'ascenseurs destinés à des bateaux de 7.000 à 8.000 tonneaux, soulevés à des hauteurs de 12 et 15 mètres. Le rapport du poids utile au poids mort, les conditions d'équilibre, de régularité de mouvement, de rigidité des appareils, de fatigue des métaux, etc., changent tellement, quand l'échelle change à ce degré, que la caractéristique dominante du projet, ce qu'on en pourrait appeler la raison d'être, s'en est trouvée devenir l'obstacle insurmontable. Aucun constructeur ne s'est senti en état de garantir le fonctionnement de pareils mécanismes. A vrai dire le projet peut être considéré comme abandonné, ce qui nous dispense d'entrer dans une plus longue discussion.

#### DEUXIÈME GROUPE

La Commission a reçu communication de sept projets procédant du principe d'emménagement des eaux du Chagres au moyen de barrages transversaux.

C. Projet présenté par M. Sautereau ; il est appuyé d'un dossier ainsi composé :

1° Une brochure intitulée : *Examen comparatif des divers projets de canaux interocéaniques par l'Isthme de Darien et le lac de Nicaragua*, par MM. Pouchet et Sautereau, ingénieurs civils. Bourges 1876.

Les auteurs concluent à l'adoption du tracé du Nicaragua.

2° Une autre brochure intitulée : *Écluse à grande dénivellation, système Pouchet et Sautereau*, — G. Eiffel et C<sup>ie</sup> constructeurs privilégiés. Paris 1879, avec dédicace à M. de Lesseps et 5 planches, le tout en vue de l'application au canal du Nicaragua.

3° Une troisième brochure, adressée le 2 février 1889 à M. de Lesseps, et intitulée : *Le Canal de Panama transformé en lac intérieur : nouveau projet proposé par G. Sautereau, ingénieur, ancien collaborateur de M. F. de Lesseps à la Compagnie du Canal maritime de Suez, et réalisable pour quatre cents millions de francs*. Paris le 1<sup>er</sup> janvier 1889, avec 5 planches et la vue panoramique de l'écluse Christophe-Colomb.

4° Un dossier du 18 juin contenant 20 pièces (mémoires et dessins), relatives à l'exécution d'un projet à deux écluses à double sas à grande dénivellation (25 mètres de chute), une pièce relative à un projet à quatre écluses à grande dénivellation (14 à 15 mètres) et quatre pièces relatives à un projet à cinq écluses.

5° Le 12 octobre M. Sautereau envoie à la Commission cinq dessins descriptifs d'une écluse à grande dénivellation (28<sup>m</sup>) à double sas.

6° Le 8 novembre il adresse au président de la Commission un mémoire de considérations générales.

7° Le 18 novembre il envoie son *Rapport général sur son projet à deux écluses* (28<sup>m</sup>).

8° Le 14 mars 1890 il modifie l'emplacement de sa

première écluse et présente deux différents profils de barrages (4 pièces).

9° Le 28 mars il modifie l'emplacement de sa deuxième écluse (1 pièce).

10° Le 1<sup>er</sup> mai il communique à la Commission une courte note sur l'alimentation du Canal.

11° Enfin le 3 mai il fait remettre à la Commission un ensemble de 15 documents (dessins et notes), constituant le projet détaillé d'exécution d'une écluse de 28 mètres de chute, projet dressé par la maison Daydé et Pillet.

En outre M. Sautereau a été entendu par la Commission aux dates des 4 décembre 1889 et 3 mai 1890, accompagné la première fois par M. Daydé.

*D.* Projet de M. le colonel Rives, directeur général du chemin de fer de Panama, ancien élève étranger de l'École des ponts et chaussées de Paris.

Il a adressé au Liquidateur et remis à la Délégation un mémoire intitulé : *Projet d'achèvement du Canal Interocéanique de Panama avec estimation de la dépense.*

A ce mémoire sont joints des détails estimatifs sommaires, six dessins précisant les vues de l'auteur, et une note spéciale avec dessin à l'appui au sujet d'un système d'estacade à remblais. L'auteur a d'ailleurs, dans l'Isthme, exposé ses idées aux membres de la Délégation.

*E.* Projet très sommaire de M. Dauvergne, entrepreneur de travaux publics, exposé dans une note de 7 pages, un croquis et deux profils de barrages.

*F.* Projet de M. Blanleuil, ingénieur civil. L'auteur a

remis un mémoire autographié (30 pages), intitulé : *Exposé d'un projet d'achèvement du Canal maritime de Panama*. M. Blanleuil a été entendu par la Commission le 23 novembre 1889.

G. Projet de M. Blanchet. Le dossier remis à la Commission consiste en un long mémoire manuscrit, daté de septembre 1887, et intitulé : *Un canal à écluses est-il économiquement possible à Panama ? Peut-il être pratique commercialement ?* Six feuilles de dessins y sont annexées, plus quelques pièces imprimées relatives au Canal du Nicaragua. M. Blanchet a été entendu par la Commission les 8 et 29 janvier 1890.

H. Projet de M. Fourmont. Cet auteur a fait remettre le 31 octobre à la Commission un dossier de huit documents (mémoires, dessins, notes financières et juridiques) se rapportant à son *Projet de 1889*. Les 22 et 28 mars 1889 et les 8 et 11 avril 1890, il a complété ses premières énonciations par l'envoi de dessins et notes. Il avait d'ailleurs été entendu par la Commission le 14 décembre 1889.

I. Projet de M. Laulanie, ancien chef du 3<sup>e</sup> Bureau technique de la Compagnie du Canal. L'auteur a exposé ses idées dans une brochure : *L'achèvement du Canal de Panama*, portant la date du 3 février 1889. La Commission l'a entendu dans sa séance du 30 novembre 1889.

### C.— *Projet Sautereau.*

De tous les projets, celui dont la formule, sinon l'exécution et l'exploitation, est la plus simple est à coup

sûr le projet de M. Sautereau : Un lac formant bief unique supérieur, obtenu au moyen de barrages de retenue traversant chacune des deux vallées, et une seule écluse de chaque côté, rachetant en une seule fois la différence de niveau. Disons tout de suite que, sur ce second point, l'auteur a admis la possibilité de diviser la chute en deux ; mais ses préférences sont sans conteste pour le premier dispositif.

De ces deux idées, il revendique la dernière comme lui appartenant en commun avec son collaborateur, M. Pouchet, ainsi que tendent à l'établir les deux premiers documents de son dossier ; la première a été empruntée par lui à M. Godin de Lépinay, ingénieur en chef des ponts et chaussées, qui l'avait mise en avant au Congrès de 1879, où elle reçut un accueil très favorable et fut acceptée par MM. Wyse et Reclus comme modification de leur projet<sup>1</sup>.

Pour se rendre un compte exact du projet de M. Sautereau, il faut laisser de côté les variations de détail qu'ont subies ses idées, et ne s'arrêter qu'à sa formule définitive dont on trouve l'expression dans son mémoire du 8 novembre 1889, dans son Rapport général du 18 novembre et dans sa déposition du 4 décembre.

En voici le résumé :

Les eaux sont retenues à la cote minima 25, et peuvent s'élever jusqu'à 28, au moyen d'un barrage établi à San Pablo, du côté Atlantique ; du côté Pacifique, c'est le massif même de l'écluse établie au kilo-

1. Voir le compte rendu des séances du Congrès international d'études du Canal Interocéanique de 1879, pages 297 et 420.

mètre 58,240, en aval de Paraiso, qui ferme la vallée.

Ces barrages sont accompagnés de déversoirs : un de 100 mètres de long derrière le cerro Paraiso, et un de 250 mètres de long, de chaque côté de l'écluse, à San Pablo. Depuis son retour de l'Isthme l'auteur a reconnu que les barrages devaient être en maçonnerie : il hésite entre deux types.

Dans chaque barrage une écluse à double sas de 28 mètres de chute, exigeant l'emploi de 700.000 mètres cubes de maçonnerie, débitant par éclusée 130.000 mètres cubes d'eau que l'on peut réduire à moitié quand le service permet de mettre les deux sas en communication.

Les portes sont à mouvement parallèle, allégées par des caisses à air.

L'auteur discute l'alimentation en admettant 1.200 mètres cubes par seconde comme le débit maximum du Chagres, une évaporation de 7 millimètres par jour, et une surface noyée de 1.800 hectares, avec un passage de 15 navires par jour et par écluse ; il admet la possibilité d'un ouvrage régulateur des crues, par étranglement, à Juan Mina, mais sans le faire entrer dans ses calculs. Les 54.000.000 de mètres cubes emmagasinés entre les cotes 25 et 28 et la manœuvre des vannes mobiles au-dessus des déversoirs lui procurent une garantie suffisante pour les besoins de l'alimentation et de l'évacuation des crues.

Il adopte pour la section du Canal les dimensions suivantes : 25 mètres au plafond, 9 mètres de profondeur, 50 mètres à la flottaison.

Son détail estimatif monte à 46.000.000 de mètres cubes de terrassements qu'il décompose en 30.000.000 de terre d'alluvion, 6.000.000 de roches plus dures, 4.500.000 de roches tendres et 5.230.000 de roches dures, auxquelles il affecte les prix respectifs de 3, 4, 6 et 12 francs — son devis total monte à 435.000.000 (auxquels il ajoute une somme à valoir de 65.000.000) *pour les travaux seulement*. — La durée d'exécution serait de 4 à 5 ans. Mais il ne s'explique pas d'une façon nette sur le procédé à employer pour l'enlèvement des déblais de la Culebra et d'Emperador : ses préférences se portent successivement sur le procédé Duponchel, les appareils Vernaudon, le terrassier de Villepigue, et le terrassement à la drague après creusement au wagon d'une étroite cunette et remplissage du lac.

Il admet que le passage dans une écluse ne doit pas durer plus d'une heure, le remplissage ou la vidange s'opérant en 30 minutes. La capacité de trafic du Canal serait donc au moins de 40 navires en 24 heures.

Quant au chemin de fer, il sera légèrement dévié pour venir traverser le Canal, en passant sur des ponts établis sur la crête des déversoirs, et en empruntant les ponts qui supportent les portes des écluses.

\*  
\*  
\*

C'est très probablement à sa simplicité apparente que ce projet a dû la faveur dont il a été l'objet.

À l'examen, des objections graves se sont présentées,

des doutes se sont produits, des inexactitudes importantes ont été relevées, et l'équilibre du projet en a été détruit.

Il suffira de mentionner les points suivants :

Il existe une incertitude sérieuse sur le fonctionnement de portes d'écluses de 39 mètres de hauteur sur 26 de large, et presque au même degré sur celui des portes de 25 à 27 mètres de hauteur du projet à 4 écluses. En risquer l'expérience justement au Canal de Panama, et dans les circonstances critiques où se trouve l'affaire, constituerait certainement une très grande imprudence.

Des dérivations, sur lesquelles l'auteur ne donne pas d'indications, devront subsister et fonctionner dans les conditions d'insuffisance et d'insécurité ci-dessus signalées entre le barrage et Bohio, sur 13 kilomètres.

Le remplissage de l'écluse en 30 minutes correspond à une ascension de 15,5 millimètres par seconde, ou de 0<sup>m</sup>,93 par minute. Les motifs qui ne permettent pas d'admettre ces nombres ont été exposés dans un rapport précédent, où le temps de 64 minutes a été établi comme un minimum, le temps total d'une éclusée ne pouvant être inférieur à trois heures.

Ces données fondées sur l'expérience étant acquises, la capacité de transit d'une écluse, à double sas, de 28 mètres n'est plus que de 4 millions de tonneaux (voir rapport n° II p. 52).

L'auteur a établi son devis sur des données inexactes en ce qui concerne les terrassements : il est vrai que ses calculs étaient faits avant son voyage dans l'Isthme.

Ainsi il admet que, du kilomètre 22 au kilomètre 35,500 où est placé son barrage, le sol est composé de « terres d'alluvion ». La Délégation a constaté l'existence de roches impossibles à draguer sur une notable partie de ce parcours. De même encore, dans la grande tranchée, il admet l'existence de 14.581.000 mètres cubes de la catégorie la plus facile, de « terre à draguer », et celle de 3.515.000 de déblais de la seconde catégorie. Tous les renseignements recueillis concordent à faire penser que les déblais d'Emperador et de la Culebra, à enlever désormais, devront être classés en moyenne au-dessus de la seconde catégorie.

De ces deux chefs, il y aurait à faire au devis une sérieuse rectification. Cette rectification devient bien plus importante, si l'on ramène à leur vraie valeur les prix élémentaires adoptés par M. Sautereau : la différence dépasse 100 millions.

La traversée du Canal par le chemin de fer « supprime, dit M. Sautereau, toute entrave à la navigation ». Cette énonciation ne pourrait être vraie qu'à la condition que le service du chemin de fer fût à la merci de celui des écluses : il est plus que difficile de se figurer une pareille subordination.

Enfin, en ce qui concerne le délai d'exécution, l'auteur paraît s'être fait de grandes illusions. Il n'est pas possible de discuter ses calculs dont il ne fournit pas la décomposition ; mais il est évident qu'il ne peut espérer en cinq ans creuser la tranchée de la Culebra jusqu'à la cote 16,50, avec un profil plus large et plus évasé que celui sur lequel la Commission a fait ses calculs, alors

qu'il faut, avec ce dernier, sept ans pleins pour atteindre la cote 25,50.

*D. — Projet Rives.*

Comme le précédent, ce projet admet un seul lac central, régulateur des crues (ayant une surface de 5.120 hectares) et obtenu par la création de deux barrages, l'un à Bohio Soldado, l'autre à Paraiso. Le niveau normal de l'eau serait à la cote 30 avec 2 mètres de jeu en dessus. On aurait donc 22 kilomètres de chenal dans le lac et 8 kilomètres en tranchée avec un tirant d'eau de 9 mètres.

La communication du lac avec le niveau de la mer est établie au moyen de six écluses à double sas :

La première au kilomètre 22,500, chute 8 mètres.

Les 2° et 3° en échelons dans la butte de Bohio, kilomètre 24; toutes deux de 11 mètres.

La 4° au kilomètre 58 (Paraiso), 11 mètres.

La 5° au kilomètre 59,5 (Pedro Miguel), 11 mètres.

La 6° au kilomètre 62 (Miraflores), 8 mètres  $\pm$  3.

Le chemin de fer ne traverse plus le Canal; on raccorde les deux tronçons des extrémités par 38 kilomètres nouveaux sur la R. G. du canal, entre Ahorca Lagarto et Cucaracha.

La longueur totale en crête des deux barrages limitant le lac à Bohio serait d'environ 800 mètres. Celui de Paraiso serait de très peu d'importance.

La quantité de terrassements à faire entre le lac et l'écluse n° 4, sur 11 kilomètres 800, est de 20 millions de mètres cubes.

Le montant des expropriations s'élève à 3.324.000 fr.

Le devis total est de 360 millions pour travaux et expropriations, portés à 500 pour frais généraux, intérêts, etc.

\*  
\* \*  
\*

Il est à regretter que le dossier de M. le colonel Rives soit un peu sommaire, ce qui ne permet pas d'en bien apprécier tous les éléments.

Quoi qu'il en soit, les objections qu'on peut y faire sont les suivantes :

Les biefs 1-2, 4-5 et 5-6 sont très courts : 1.200 mètres, 1.500 mètres, 2.500 mètres. L'auteur l'a bien remarqué, et leur a donné double largeur pour en atténuer les inconvénients. Nous pensons que, malgré cela, les bateaux préféreraient une échelle d'écluses afin de s'épargner les sujétions des biefs trop courts.

L'auteur ne s'explique pas sur la manière dont il compte recevoir l'Obispo dans le lac, et ne prévoit aucune dépense de ce chef.

Il admet pour le cube total des fouilles 29.113.000<sup>m<sup>3</sup></sup> ; il est vrai de dire qu'il ne prévoit ni garages ni bassins d'entrée ; néanmoins il y a un bien grand écart entre ce nombre et celui de 42.000.000<sup>m<sup>3</sup></sup>, que la Commission a fait établir sur des données qui paraissent certaines ; d'autant que le plafond du bief supérieur est pour elle à la cote 25,50, tandis qu'il est à la cote 21 pour le colonel Rives. Il y a évidemment là une insuffisance d'évaluation de la part de l'auteur du projet.

La décomposition de ses prix n'étant pas poussée très loin, il n'est pas possible de savoir ce qu'il admet pour le cube à enlever dans la Culebra proprement dite. Les calculs de la Commission lui ont fourni les nombres respectifs de 7.300.000 et 8.350.000 pour les cubes restant à faire à Emperador et à la Culebra : ensemble 15.650.000. Ce dernier total est de 20.000.000 dans le projet Rives. Un calcul proportionnel grossièrement approximatif conduirait à 10.800.000 pour la Culebra seule, ce qui démontre suffisamment l'impossibilité d'achever le travail en cinq ans. Il en faudrait au moins neuf. On dépasserait donc les délais du décret de concession. La Commission a toujours pensé que, étant donnée la situation actuelle, l'adoption d'un plan d'exécution entraînant cette conséquence présentait des risques dangereux.

On a bien aussi objecté à ce projet que l'extension de la surface du lac dans les vallées latérales, à la cote 30, allait atteindre des portions de territoire dont on n'avait ni plan ni nivellement, et que l'on trouverait peut-être des cols, par lesquels l'eau s'écoulerait à une cote inférieure. Mais, si le fait se réalisait, on peut considérer comme certain qu'il n'aurait en tout cas pas très grande importance, et que des ouvrages très peu coûteux en viendraient à bout.

Nous devons encore mentionner un article du devis qui paraît pécher par insuffisance : c'est celui des expropriations. L'auteur les évalue à 3.324.500 francs. Sur la demande de la Délégation, un relevé aussi soigné que possible a été fait dans les bureaux de la Compagnie. En

appliquant aux quantités trouvées des prix qui ne diffèrent pas beaucoup de ceux que le colonel Rives a lui-même appliqués, on est arrivé au total de 16 millions de francs. Cet énorme écart doit être attribué à l'état vraisemblablement incomplet des renseignements de l'auteur.

#### *E. — Projet Dauvergne.*

Ce projet ne peut donner lieu qu'à une très courte mention. L'auteur lui-même intitule sa notice : *Idées sur un barrage permettant de transformer le Canal de Panama en lac intérieur*. Il ne produit en effet aucune étude, aucun devis. Il porte le niveau de l'eau à la cote 32, place un premier barrage à Bohio, et le second en un point à déterminer sur le versant Pacifique.

En somme, il a vécu et travaillé dans l'Isthme ; il en a rapporté des idées justes sur beaucoup de points, et une formule générale dont les deux précédents auteurs ont développé l'application chacun à sa façon. Mais c'est un projet embryonnaire, ne pouvant par conséquent être soumis à discussion.

#### *F. — Projet Blanleuil.*

L'auteur, qui a été dans l'Isthme à deux reprises, connaît évidemment toutes les difficultés de l'entreprise d'achèvement du Canal. Voici les grands traits de la solution qu'il propose pour les surmonter.

Il adopte dix écluses à sas unique, dont les emplace-

ments, chutes et espacements sont inscrits au tableau suivant :

						Longueur des biefs en k <sup>m</sup> .
N <sup>o</sup> 1	—	k <sup>m</sup>	22,750	—	8 mètres	12,810
N <sup>o</sup> 2	—	k <sup>m</sup>	35,800	—	8 »	4,116
N <sup>o</sup> 3	—	k <sup>m</sup>	37,156	—	11 »	8,854
N <sup>o</sup> 4	—	k <sup>m</sup>	46,250	—	11 »	3,970
N <sup>o</sup> 5	—	k <sup>m</sup>	50,460	—	11 »	4,860
N <sup>o</sup> 6	—	k <sup>m</sup>	55,560	—	11 »	1,100
N <sup>o</sup> 7	—	k <sup>m</sup>	56,900	—	11 »	0,650
N <sup>o</sup> 8	—	k <sup>m</sup>	57,790	—	11 »	1,070
N <sup>o</sup> 9	—	k <sup>m</sup>	59,100	—	8 »	2,500
N <sup>o</sup> 10	—	k <sup>m</sup>	61,840	—	11 »	

Le plan d'eau du bief supérieur est donc à la cote 49 et le plafond à la cote 40,75.

Il établit un premier barrage au kilomètre 35,700, c'est-à-dire à la deuxième écluse, puis un second au kilomètre 37, à la troisième écluse, créant ainsi deux lacs aux niveaux respectifs de 16 et 27 mètres.

Un troisième barrage est établi à Gamboa, montant jusqu'à la cote 55, avec déversoir à la cote 50 par la tranchée du cerro Baruco ; avec ces cotes ce barrage devient régulateur des crues.

Un ouvrage de même nature serait fait à Cucaracha, ayant son pied à la cote 49 pour retenir et emmagasiner les eaux du Rio Grande. On créerait ainsi une réserve d'alimentation pour le cas où quelque accident arriverait à la rigole d'amenée des eaux du Chagres.

On ferait pour l'Obispo quelque chose d'analogue ; il serait d'abord recueilli dans une rigole latérale, du kilomètre 53 jusqu'au kilomètre 49, c'est-à-dire à Las

Cascadas, où on lui ménagerait sur la R. G., au moyen d'une digue de retenue, un grand réservoir qui prendrait ses eaux et celles du Sardinilla, et débiterait son trop-plein, comme celui de Cucaracha, au moyen de vannes.

Tous ces barrages seraient construits en remblais.

La largeur du plafond du Canal est portée à 25 mètres; les talus varient avec la nature du sol. Des garages sont établis aux deux extrémités et aux abords des écluses.

Le trop-plein du premier lac inférieur (cote 16) s'écoulerait par un déversoir dans la dérivation R. D. qui serait achevée jusqu'au Chagres, mais élargie à 40 mètres avec son plafond descendu jusqu'à la cote du fond du lit du fleuve.

Le P.R.R. traverserait le Canal sur des ponts tournants, et subirait de légères déviations pour échapper à l'inondation.

M. Blanleuil estime la durée des travaux à cinq ans, et la dépense à 500 millions, mais, non compris le service des intérêts et frais financiers.

\* \* \*

Ce projet ne présente plus la simplicité apparente des deux premiers. L'auteur a abordé toutes les difficultés qui se sont présentées à son esprit et en a cherché la solution; mais il en a négligé quelques-unes qu'il n'a pas entrevues.

La Commission a déjà énoncé sa manière de voir sur la création de l'immense réservoir de Gamboa; elle

estime qu'il vaut mieux ne pas placer les ouvrages de retenue des eaux à la plus grande altitude possible. Elle est surtout convaincue qu'il est tout à fait dangereux de les construire en remblais, à supposer qu'on pût les exécuter, ce qui est loin d'être démontré, surtout pour celui de Gamboa.

Il faut remarquer d'ailleurs que la dérivation du Baruco est creusée aujourd'hui jusqu'à la cote 36, et qu'il faudrait la recombler de 14 mètres.

En ce qui concerne la voie navigable proprement dite, il serait difficile de se passer d'au moins un garage sur les 22 premiers kilomètres, et il y aurait certainement économie bien entendue à faire tout de suite les doubles sas, utiles, même dès le début, à la sécurité du trafic : mais l'objection capitale sous ce rapport est tirée du défaut de longueur des biefs ; nous l'avons déjà rencontrée dans le projet à dix écluses de la Compagnie.

Les dérivations sont forcément maintenues en amont de Bohio ; celle de la rive droite en aval est destinée à évacuer les eaux du Chagres. L'auteur ne donne aucun détail sur la largeur et le débit de ses déversoirs, et par conséquent ne fournit pas le moyen d'apprécier la capacité de sa dérivation : il prévoit qu'elle peut être insuffisante puisqu'il en admet la mise en communication avec le bief du Canal dans certaines crues.

Enfin le chemin de fer traverse deux fois le Canal sur des ponts tournants.

L'état tout à fait sommaire de son « évaluation approximative » des dépenses n'en permet pas la discussion. La seule remarque à faire à ce sujet est qu'il

arrive précisément aussi au total déjà rencontré de 500 millions pour lequel semble exister une sorte d'attraction.

### *G. — Projet Blanchet.*

M. Blanchet est l'un des premiers qui se soient occupés de la création d'un canal interocéanique ; ses préférences avaient d'abord été, dit-il, pour le tracé par le Nicaragua, tracé en vue duquel il avait étudié lui-même, et fait étudier par MM. Pouchet et Sautereau, le système d'écluses à grande dénivellation auquel il a renoncé, le considérant comme impraticable<sup>1</sup>.

Bien des circonstances, et notamment l'avancement des travaux du Canal de Panama, sont venues modifier ses idées premières. Il s'est donc appliqué, avec la connaissance qu'il a des pays du Centre-Amérique, à étudier un projet de canal à écluses pour ce tracé.

Malheureusement les documents dont disposait M. Blanchet en 1887 (date de son mémoire) étaient incomplets et insuffisants : il le reconnaît lui-même, et déplore tout le premier le défaut de précision qui en résulte dans une partie de ses conclusions. Ajoutons à cela que les travaux ont marché depuis septembre 1887 et ont modifié l'état du terrain.

Voici les traits caractéristiques de son projet amendé dans sa déposition du 8 janvier :

Un barrage entre les collines de Miraflores, près

1. Voir le compte rendu des séances du Congrès de 1879, p. 106.

Gatun, au kilomètre 10, relevant les eaux à la cote 9, avec une écluse.

Un second barrage à Bohio Soldado, relevant les eaux à la cote 27 avec une échelle de deux écluses.

Un troisième barrage à Baïla Monos, kilomètre 37, relevant les eaux à la cote 36, et une écluse.

Une écluse dans les parages de Las Cascadas, kilomètre 48, pour gagner le niveau du bief de partage à la cote 45.

Un barrage à Gamboa, relevant le plan des eaux du haut Chagres à la cote 46, avec déversoir par le Baruco à cette cote, et alimentant le bief de partage par une rigole de 3 kilomètres.

La descente sur le Pacifique s'opérerait par une retenue avec écluse au kilomètre 55,750, et cinq barrages éclusés, à peu près équidistants, échelonnés entre ce point et la plaine basse, laissant entre eux des biefs d'environ 1.600 mètres.

Dans la grande tranchée le plafond du Canal serait à la cote 36,50 et aurait 50 mètres de large ; les navires pourraient s'y croiser.

Tous ces barrages seraient, bien entendu, avec déversoirs placés loin des écluses ; ils seraient construits en remblais, avec une âme étanche en bois ayant des enracinements en maçonnerie au besoin, pour pouvoir disposer, en forme de voûte bombée vers l'amont, les cours de bois équarris verticaux. L'auteur entre dans des détails assez étendus sur le mode de construction de ce dispositif.

Les écluses sont à un seul sas.

Le chemin de fer est tout entier reporté sur la rive gauche du Canal. L'auteur ajoute à l'exposé de ses idées une description d'un système de portes d'écluses en bois et de drague puissante, tous deux de son invention.

\*  
\* \*

Ce système d'achèvement du canal à écluses donne lieu à des objections dont un grand nombre ont déjà été présentées; en voici le très bref résumé :

Il est tout d'abord assez douteux que l'on puisse créer à Miraflores, près Gatun, une retenue d'eau de 9 mètres. Les documents actuels ne permettent pas de savoir si le terrain à droite et à gauche du barrage projeté s'élève à cette cote. Les impressions recueillies sur place par la Délégation la porteraient à admettre le contraire : ce serait un premier point à vérifier.

Il est juste d'ajouter que cette éventualité n'a pas échappé à M. Blanchet, qui a prévu en ce cas que l'on ferait trois écluses au lieu de deux à Bohio.

La dérivation du Baruco est aujourd'hui à la cote 36.

Les biefs de 1.600 mètres doivent, sauf le cas de nécessité, être rejetés comme trop courts.

L'élargissement à 50 mètres du plafond du Canal dans la grande tranchée en augmenterait le cube de plus de 4.000.000 de mètres cubes.

Les écluses à un seul sas ne suffiraient plus au trafic au bout d'un temps très court.

Enfin des barrages en remblais, même avec une âme

étanche en bois, ne paraissent pas à la Commission offrir la sécurité indispensable à des travaux de cette nature. Il y aurait beaucoup à dire d'ailleurs sur le mode d'exécution proposé par l'auteur.

Le barrage de Gamboa particulièrement ne pourrait certainement pas se construire par la méthode qu'il indique et offrirait les dangers déjà signalés; d'autre part, avec les cotes adoptées, il ne serait pas régulateur et perdrait une de ses raisons d'être.

### *H. — Projet Fourmont.*

M. Fourmont a présenté à la Commission un intéressant historique comparatif des critiques que lui a suggérées l'exécution des travaux en 1883, 1887 et 1889. C'est dans ce qu'il intitule *Idées de 1889* qu'il faut chercher son système définitif.

Il propose une première retenue d'eau à la cote 10, aux buttes du Mindi, avec une écluse ;

Un second barrage relevant le plan d'eau à la cote 30 à Bohio Soldado, avec deux écluses ;

Un troisième barrage relevant le plan d'eau à la cote minima 60 (maxima 63) à Mameï, avec trois écluses ;

Une échelle de trois écluses à Cucaracha, une écluse à Paraiso, une à Miraflores, une à la Boca, formant ensemble la série descendante.

On se rend compte, à première vue, qu'à un dispositif aussi spécial doivent correspondre des caractéristiques d'exécution non moins spéciales. En laissant de côté

celles qui peuvent n'avoir qu'une importance de second ordre, et des détails dont l'auteur lui-même ajourne l'étude, voici les données fondamentales de son système.

Le chemin de fer est supprimé, tout au moins pendant les trois ans que doit durer l'exécution.

Les sas des écluses sont métalliques, y compris le radier, lequel repose, soit sur le sol dérasé, soit sur des têtes de pieux, si le sol n'est pas assez consistant. Les têtes des pieux sont encastrées dans une couche de béton et la tôle de fond est clouée sur la tête des pieux.

Les bajoyers sont armés de charpentes en métal noyées dans du béton.

Les barrages sont, comme les bajoyers, à structure métallique. Ce sont des caissons prismatiques trapézoïdaux en tôle, à armature intérieure en fer. Le fond de ce prisme est en tôle, cloué comme les radiers sur des têtes de pieux noyées dans 50 centimètres de béton : comme pour les écluses, deux files de pieux sont doubles et les pieux en sont jointifs, afin de parer aux infiltrations. En haut, la petite face du prisme est ouverte et sert au chargement du caisson au moyen de remblais.

La stabilité du barrage n'étant pas assurée par son propre poids, elle est complétée par « des ancrages » placés à l'amont. Ce sont des tirants en fer, rivés d'un bout à la face amont, et allant se clouer par l'autre bout sur les têtes de pieux ou de groupes de pieux, battus à 50 ou 60 mètres en amont.

\*  
\*  
\*

Les deux caractéristiques précitées, que l'auteur lui-même appelle les « principes » de son système, sont précisément ce qui en rend l'application tout à fait impossible.

Supprimer le chemin de fer est si évidemment irréalisable, qu'il suffit d'en énoncer l'impossibilité. La Colombie ne le tolérerait pas d'ailleurs, et cela suffit à faire écarter l'hypothèse.

Quant aux ouvrages d'art, la discussion serait possible à la rigueur sur la question de construction de sas métalliques à titre exceptionnel ; mais la Commission se refuse à admettre qu'un ouvrage tel qu'un barrage, dont la destruction entraînerait d'irréparables désastres, puisse devoir sa stabilité à d'autres forces que celles qui sont en jeu dans les masses de maçonnerie et de terres, et être à la merci de quelques tiges de métal soumises à des efforts de tension impossibles à contrôler.

### *I. — Projet Laulanie.*

Les traits généraux de ce projet sont les suivants :

Première écluse au kilomètre 22,514 en utilisant les fouilles de la Compagnie : relèvement du plan d'eau à la cote 8.

Deuxième écluse au kilomètre 24, avec barrage de la vallée, relevant le plan d'eau à la cote 16.

Troisième écluse et deuxième barrage au kilomètre 36,920, à l'emplacement de la deuxième écluse de la Compagnie : relèvement du plan d'eau à la cote 24.

Quatrième écluse et troisième barrage au kilomètre 43,615, à l'emplacement de la troisième écluse du projet de la Compagnie : relèvement du plan d'eau à la cote 32.

Cinquième écluse au kilomètre 46, relevant le plan d'eau à la cote 40.

Sixième écluse au kilomètre 57 : 8 mètres de chute.

Septième écluse au kilomètre 58 avec barrage de retenue à la cote 32 : descente de 11 mètres.

Huitième écluse au kilomètre 59 : descente de 11 mètres pour arriver à la cote 10.

Neuvième écluse, enfin, au kilomètre 62.

L'alimentation du bief supérieur se ferait par l'Obispo et le Rio Grande. L'auteur reconnaît que pendant quatre mois il y a insuffisance d'eau, et lève cette difficulté par trois moyens : 1° Doublement des sas des écluses limites du bief supérieur, et mise en communication des deux sas de façon à pouvoir profiter d'une demi-écluse dans le cas de passages simultanés de bateaux montants et descendants ; 2° Barrage de l'Obispo à la cote 65, en face du kilomètre 53, pour créer une réserve de 5 millions de mètres cubes ; 3° Addition de quatre machines élévatoires de 100 chevaux.

Le chemin de fer traverse le Canal sur deux ponts roulants. Les estimations pour les travaux se résument en une dépense de 227 millions devant s'exécuter en

deux ans, et l'évaluation du trafic est de 7 millions de tonnes dès l'ouverture.

\* \* \*

On retrouve dans ce projet un grand nombre des données du projet de la Compagnie ; passages du chemin de fer sur le Canal, au moyen de ponts mobiles ; biefs très courts, tels que le second, le septième et le huitième ; écluses à sas unique ; absence de garages, etc.

L'auteur déclare, en effet, qu'il cherche à utiliser le plus possible les travaux déjà faits ; mais la lecture de son mémoire prouve qu'il croit les travaux, notamment ceux des écluses, plus avancés qu'ils ne le sont en réalité.

Le défaut de détails et de cofes ne permet pas de discuter utilement l'estimation de son devis ; mais, par comparaison, on peut considérer comme certain qu'il est insuffisant, comme argent et comme temps.

Le point le plus nouveau de ce dispositif en est aussi le plus faible : c'est celui de l'alimentation.

Tout d'abord les calculs de l'auteur reposent sur des données elles-mêmes très contestables. Partant de ces données, il arrive à constater une insuffisance notable à laquelle il porte remède par le barrage de l'Obispo. Les doutes affectant les bases du premier calcul s'appliquent également au montant de la réserve d'eau ; l'auteur le sent si bien qu'il n'arrive à ce qu'il considère comme une sécurité suffisante qu'au moyen de machines à vapeur.

La Commission a formulé ailleurs son avis sur la dépense d'eau dans l'alimentation; à ce point de vue, le projet de M. Laulanie requerrait des quantités supérieures à celles qu'il a admises, car il paraît avoir oublié que, d'un côté au moins, il a aussi des écluses de 11 mètres.

D'autre part, la Commission a longuement discuté dans plusieurs de ses séances l'alimentation par machines, et elle est arrivée à la conclusion que, hors le cas d'absolue nécessité, cette solution devait être écartée.

#### TROISIÈME GROUPE

Il a été soumis à la Commission quatre projets comportant le transport des navires par voie ferrée dans la partie haute de la traversée de l'Isthme.

##### *J. — Projet de M. Sébillot, ingénieur.*

Le dossier de ce projet comprend :

1° Une brochure publiée en 1879 à la suite du Congrès international et intitulée : *Isthme de Panama : chemin de fer interocéanique pour navires. — Projet Sébillot. Plan et devis estimatifs.*

2° Une brochure publiée en 1882, intitulée : *Le canal maritime de Paris.*

3° Une brochure publiée en 1886, intitulée : *Isthme de Panama. La question simplifiée par le transport des navires sur voies ferrées. Le transit des navires*

*assuré avant 1889 avec une dépense de cent millions. Les ressources actuelles de la Compagnie suffisantes.*

4° La copie d'un brevet d'invention, pris le 30 novembre 1887 par M. Sébillot pour un *système d'appareils de transport des navires sur voies ferrées.*

5° Une plaquette représentant en perspective et en coupe un dock roulant avec explications sommaires : *Projet pour l'achèvement de l'entreprise de Panama au moyen d'un chemin de fer à navires avec une dépense de 120 millions* (sans date).

6° Un ensemble de quatorze pièces (mémoire, plan et profil du terrain, dessins de l'ascenseur, de la voie, des appareils de transports, des moteurs, etc.), présentées par la Société anonyme des anciens établissements Cail, le tout remis le 6 décembre à la Commission.

7° Un devis de l'exécution de ce projet de 48 kilomètres de longueur pour la somme de 365 millions.

8° Un dessin d'une variante de tracé.

9° Une brochure intitulée : *Chemin de fer à navires de Panama avec achèvement ultérieur du Canal à niveau. Projet Amédée Sébillot. Le transit établi en trois ans avec une dépense de 250 millions.* Paris 1890.

Plus la correspondance avec M. de Lesseps, le liquidateur, etc.

M. Sébillot, accompagné de M. le général Allavène, de M. Lemoine, administrateur de la Société des anciens établissements Cail, de M. Choquet, ingénieur, a été entendu par la Commission dans les séances du 30 novembre 1889 et du 28 mars 1890.

*L. — Projet de M. Druetz, ancien chef de section à la construction des chemins de fer et des voies navigables.*

Il est exposé dans un mémoire du 24 octobre 1887, de 12 pages autographiées, et intitulé *Traversée navale de Panama, chemin de fer pour navires, système Bramlmer, par Charles Druetz*. Ce mémoire est accompagné d'une feuille de dessins, intitulée *Avant-projet. Dessins d'ensemble. Voie et matériel roulant*. Ce ne peut, en effet, être considéré que comme un avant-projet destiné à être ultérieurement étudié.

*M. — Projet de M. Andrews, de l'État de Pennsylvanie.*

C'est plutôt une proposition de se charger de l'exécution d'un chemin de fer à navires, qu'un projet. Le dossier se compose de deux lettres adressées à M. Brunet.

*N. — Projet de M. Armelin, entrepreneur de travaux publics.*

A proprement parler ce n'est pas un projet : l'auteur a simplement fait connaître, dans une lettre du 4 avril 1890 adressée au Liquidateur, que, selon lui, le seul système qui permette le transit des navires en est le transport sur rails dans une forme en tôle. Il donne ensuite les traits principaux de sa conception.

\* \* \*

La Commission a examiné ces quatre projets : elle s'est crue obligée de les écarter par un motif préalable.

Le contrat de concession du 23 mars 1878, approuvé par décret du Congrès colombien le 17 mai de la même année, accorde, expressément et uniquement, à M. Lucien N. B. Wyse le « privilège exclusif pour l'excavation au travers du territoire colombien et l'exploitation d'un canal maritime entre les océans Atlantique et Pacifique. »

Un chemin de fer pour le transport des navires n'a pas paru à la Commission pouvoir être considéré comme un « chemin de fer auxiliaire du Canal » dans le sens du paragraphe 3 de l'article premier, mais bien plutôt constituer une voie de transport équivalente au Canal lui-même, et ne pouvoir être adoptée et construite par la Compagnie concessionnaire du Canal qu'après assentiment du Gouvernement Colombien.

La Commission tient néanmoins à faire connaître son sentiment sur le système dont M. Sébillot a fourni une étude détaillée. Grâce au dossier très complet qu'elle avait entre les mains, il lui a été facile de se rendre compte des différentes parties du dispositif et des manœuvres : sas mobiles, vidange, amarrage et maintien de l'équilibre du navire, moteurs et presses hydrauliques, établissement de la voie, chariots porteurs, locomoteurs, etc.

Tout en rendant justice au soin avec lequel ce projet

a été étudié, elle estime que, dans l'état actuel de l'art de la construction et de l'industrie des transports par voie ferrée, on ne saurait garantir le bon fonctionnement du système. La stabilité des voies et la répartition de la charge sur les essieux présenteraient des difficultés à peu près insurmontables. Suivant elle, on ne pourrait, sans imprudence, manier et transporter ainsi hors de l'eau de grands bateaux, dont le poids, augmenté de celui des supports, dépasserait souvent 12.000 tonnes et dont la forme est en outre si peu adaptée à ce genre de manipulations.

Il est vrai qu'une première application de l'idée dont il s'agit est en voie d'exécution au Canada entre la baie de Fundy et le golfe de Saint-Laurent. Mais les conditions de cet intéressant essai sont bien éloignées de celles qui sont imposées par le transit de Panama. Le terrain permet d'établir la ligne sans courbes ni rampes, et la charge maxima à transporter est fixée à 1.000 tonnes.

#### QUATRIÈME GROUPE

Les personnes qui ont cherché la solution des difficultés dans l'emploi d'un tunnel pour franchir la ligne de faite ont en général donné très peu de développement à leurs propositions.

O. M. de Quartel, d'Utrecht, ancien ingénieur en chef du gouvernement péruvien, a écrit, tant à M. de Lesseps qu'au Liquidateur de la Compagnie, une série de lettres en date des 22 juin, 4 juillet, 2, 14 et

15 août 1889. Deux d'entre elles seulement ont directement trait à l'exécution du Canal de Panama, et contiennent expressément la proposition de construire un tunnel. En s'arrêtant à la dernière, qui modifie beaucoup les énoncés de la première, on y voit que l'auteur préconise : un canal à niveau jusqu'au kilomètre 45, puis un tunnel de 15 kilomètres, puis de nouveau une dernière section à niveau en tranchée. Son tunnel devrait avoir 40 mètres de large, entre parois verticales de 70 mètres de haut surmontées d'une voûte elliptique ; un revêtement de 2 à 4 mètres d'épaisseur serait appliqué aux parois aux endroits où cela serait nécessaire. L'auteur ne s'explique en aucune façon sur les voies et moyens d'exécution, le coût, le temps, etc.

*P.* Le 2 et le 3 mars 1890 M. Reigner, ancien élève de l'école de Grignon, fait connaître au Liquidateur ses vues qui sont les suivantes : Faire un canal souterrain à niveau sous la Culebra, sur 3 kilomètres environ, à une ou deux voies de 16 à 20 mètres de largeur : hauteur à déterminer. L'auteur regarde comme évident que la navigation à vapeur seule serait appelée à en profiter. Faisant appel aux souvenirs du Mont-Cenis et du Saint-Gothard, il considère la chose comme facile et préparant l'exécution du Canal à découvert ; mais il ne donne non plus aucune idée sur le mode d'exécution, le coût, le temps, etc.

*Q. M. Ch.* Sudes, de Montpellier, écrit le 6 décembre 1889 au Président de la Commission que, selon lui et un grand nombre de gens compétents connaissant

l'Isthme, le seul mode d'achèvement du Canal consiste à creuser un tunnel qui permette aux navires de passer, sous condition de démâter. Deux navires devraient pouvoir s'y rencontrer ; il serait revêtu de maçonnerie, aurait une banquette de circulation et son plan d'eau serait au niveau de la mer. L'auteur ne donne aucune autre cote, et ne traduit ses idées sous aucune forme concrète. Il laisse ce soin à autrui.

*R.* Un habitant du Gard, M. Vincent, rappelle le 5 avril 1890, au Président de la Commission, un projet dont il a eu et fait connaître l'idée. Très analogue à la précédente, elle consiste à traverser l'Isthme à niveau au moyen d'un tunnel dont « l'opportunité est d'autant moins discutable que la navigation à voiles tend à disparaître. » Tous les navires, voiliers ou vapeurs, devraient démâter. La section qu'il propose n'aurait en effet que quinze mètres de haut avec cuvette maçonnée et banquettes latérales. Comme les précédents il ne donne pas l'indication des procédés d'exécution.

*S.* M. Bonnardet, propriétaire, énonce également, dans deux lettres des 10 et 26 mars 1890, l'idée d'un tunnel à section ovoïde, de 12 kilomètres de longueur, à niveau, à section unique, et n'admettant que des navires démâtés. Il trouve aussi que les tunnels du Mont-Cenis, du Saint-Gothard, de Terrenoire sont d'utiles points de comparaison. Il se débarrasse du Chagres, auquel il a songé, en en détournant les branches par des souterrains pour les conduire à la mer. Les déblais

seraient menés à la mer par des voies Decauville. Ce sont les seules indications qu'il fournisse sur sa manière de comprendre l'exécution du travail.

T. M. l'abbé Dupuy, supérieur du grand séminaire de Montpellier, avait, par une lettre du 2 mars 1889, soumis aussi à M. de Lesseps l'idée de pratiquer un tunnel, dont le déblai se ferait au moyen d'une centaine de puits espacés de 240 mètres. Aidé des documents qu'il possède, il fait quelques calculs et conclut qu'en quinze mois pour 240 millions, y compris le service des intérêts, le tunnel (proprement dit) serait achevé. Mais la section de son tunnel n'a que 17 mètres au plafond et 19 mètres sous clef.

\*  
\* \*

Dans tous ces documents, qu'on ne pourrait même pas qualifier d'avant-projets, tant ils sont sommaires, il y aurait à noter de nombreuses erreurs provenant surtout du défaut d'informations ; mais s'attarder à les relever ou à discuter des objections de second ordre serait de peu d'intérêt, parce que c'est le principe même, l'idée mère de toutes ces conceptions que la Commission croit devoir condamner comme irréalisable dans l'espèce.

Elle est d'avis qu'un tunnel satisfaisant aux conditions de l'acte de concession serait un ouvrage dont les dimensions dépasseraient tellement celles des travaux similaires entrepris jusqu'à présent, que nul ne pourrait

affirmer qu'il fût exécutable. En admettant qu'il le fût, la dépense en serait excessive, et l'avancement très lent. On dépasserait donc de beaucoup les délais dont on dispose. Enfin, en l'état de nos renseignements géologiques, on aurait à craindre qu'il n'offrît de grandes chances d'insécurité. L'entreprise par conséquent ne saurait être conseillée<sup>1</sup>.

## PROCÉDÉS ET APPAREILS

Indépendamment de ces communications relatives au isositif du projet de canal, la Commission en a reçu d'autres dont les auteurs conseillaient l'adoption de certains procédés ou appareils devant faciliter les travaux, supprimer certains obstacles, réduire les dépenses, etc.

Nous allons les passer rapidement en revue.

— En tête se place la proposition de M. Duponchel, ingénieur en chef des ponts et chaussées en retraite. Il a publié en 1889 une brochure intitulée *Percement définitif du Canal de Panama par un torrent artificiel*. Il est venu développer ses idées devant la Commission le 27 novembre 1889. Le procédé préconisé par M. Duponchel est fort connu et peut dans certains cas rendre

1. La Commission vient de recevoir de M. Thomas, ingénieur, une brochure du 21 mars 1890 avec une plaquette complémentaire du 7 mai, le tout relatif à un projet de canal à six écluses, avec tunnel de 1400 mètres, dont le plan d'eau serait à la cote 30 et dont la section aurait 1200 mètres carrés. (*Note ajoutée pendant l'impression.*)

d'importants services. Mais il exigerait tout d'abord, dans l'espèce, la construction de barrages sur certains cours d'eau, à des hauteurs suffisantes pour amener de l'eau à la Culebra à la cote 80, à raison de 5 à 10 mètres cubes par seconde, puis du barrage du Chagres à la cote 40, pour fournir à la cote 30 à la Culebra 30 mètres cubes par seconde.

La Commission est convaincue que, si M. Duponchel s'était rendu sur place, et avait personnellement vu l'orographie des abords du Canal, la nature des matières à attaquer, transporter et répartir, la disposition des lieux de dépôt possible, etc., il aurait lui-même reconnu que l'application de son procédé n'y était pas réalisable.

— M. Chassinat, avocat, recommande l'emploi du procédé Duponchel.

— M. de Soulages, ingénieur, voudrait régulariser tous les cours d'eau du pays par des barrages, et en faire ensuite servir le produit au creusement d'un canal à très grande section, dont il ferait un fleuve à deux versants, sans écluses.

— M. de Villepigue a envoyé une description et des dessins de son appareil à déblai et transport, déjà mentionné avec une certaine faveur par M. Sautereau.

— M. Cousin recommande l'application de la perforatrice mécanique à air comprimé, système Cantin.

— M. Tissier, au nom de la Compagnie internationale du fil hélicoïdal, propose l'adoption de ce système

pour l'exploitation des roches dures. M. Tissier a été entendu par la Commission dans sa séance du 1<sup>er</sup> mars 1890.

— M. Coste, ancien officier de marine, a imaginé un procédé d'exécution des grandes tranchées par galeries souterraines ; son système repose sur une attaque méthodique des roches par les explosifs. Ce procédé peut présenter des avantages dans les roches homogènes de grande et moyenne dureté, mais il ne donnerait très probablement pas les avantages que l'auteur en attend, dans le massif de la Culebra tel qu'on le connaît aujourd'hui.

— M. Revin, ingénieur des arts et manufactures, propose de remédier aux difficultés d'alimentation du ou des biefs supérieurs par la substitution de sas mobiles aux écluses. Mais, au lieu de les faire monter verticalement par des ascenseurs, comme dans le projet de M. Leygues, il les élève sur des plans inclinés d'une hauteur quelconque, avec une pente maxima de 0,20 par mètre, au moyen d'une succession de pistons hydrauliques. Cette solution que l'auteur a étudiée avec beaucoup de détails fait assurément disparaître une partie des inconvénients des ascenseurs verticaux ; mais elle exige en plusieurs points des appareils moteurs certainement moins simples et d'un entretien moins facile que ne l'est le mécanisme d'une porte d'écluse. Elle ne mériterait un examen approfondi que si le projet d'exécution qui sera adopté avait à parer à un défaut de ressources pour l'alimentation.

— MM. Castanier, ingénieur-constructeur, et Le Roy de Kéraniou, capitaine au long cours, avaient aussi, dès le 9 décembre 1887, proposé à M. de Lesseps l'emploi des sas mobiles avec ascenseurs hydrauliques verticaux. Leur mémoire descriptif n'était d'ailleurs appuyé d'aucun projet d'exécution.

— M. Delisle voudrait voir appliquer aux travaux du Canal la main-d'œuvre des déportés.

— M. Charles conseille la construction d'une jetée dans la rade de Panama. L'auteur paraît mal connaître le régime de la rade.

— M. Lacour propose d'adapter aux travaux de dragages de l'Isthme des dragues-laveuses de son invention qui retireraient l'or des matières draguées. Son projet repose sur l'hypothèse que les terrains à enlever sont aurifères, et il en conclut qu'avec cinquante dragues à 2.000 mètres cubes par jour on aurait un produit annuel en or de 375 millions.

---

La Commission n'a pas jugé utile de pousser plus loin cette récapitulation des communications qui lui ont été adressées ou soumises : celles qu'elle laisse de côté sont complètement étrangères à la question technique, ou ne constituent que des recommandations ou offres de services plus ou moins déguisées.

---

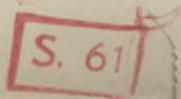
Au dernier moment nous recevons communication de l'épreuve d'une brochure que M. Paponot fait imprimer et dans laquelle il expose une solution de l'achèvement du Canal sans augmentation de la dette actuelle.

Cette solution consiste à utiliser le P. R. R. pour un transport intensif de marchandises après avoir doublé la voie et amélioré les ports de Colon et de Panama, surtout au point de vue des transbordements.

M. Paponot espère qu'en offrant au commerce de grandes facilités pour ces opérations, et appliquant des tarifs très réduits pour les manipulations et le transport, le trafic abandonnerait peu à peu la voie du détroit de Magellan pour prendre la route de Panama.

Les revenus du chemin de fer au delà d'une certaine somme seraient mis de côté et employés à l'achèvement graduel du Canal.

Cette idée mérite d'être étudiée; elle ne serait toutefois réalisable qu'à la condition d'une prolongation des délais d'exécution.



N<sup>o</sup> 1 Cms

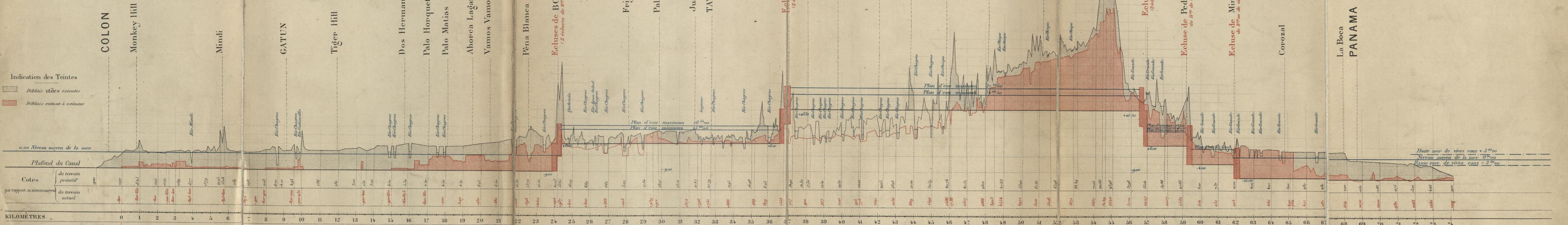
# CANAL INTEROCÉANIQUE DE PANAMA

Commission d'Etudes instituée par le Liquidateur de la Compagnie Universelle

## PROFIL EN LONG

à l'appui des Rapports

Echelle des longueurs 1:50000 (1<sup>m</sup>000 pour 100 Mètres)  
 des hauteurs 1:1000 (1<sup>m</sup>000 pour 1 Mètre)

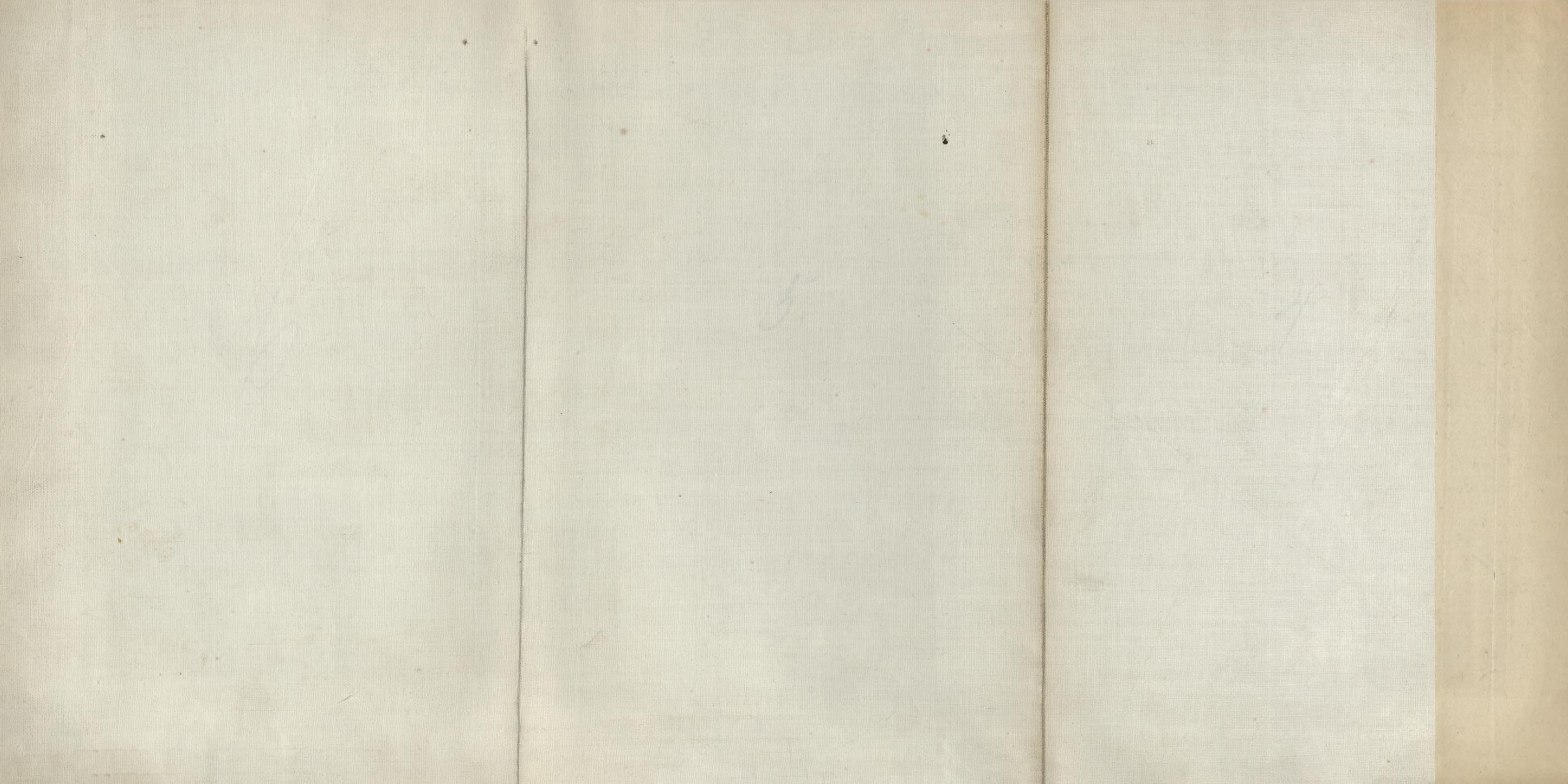


Indication des Teintes  
 Déblais utiles exécutés  
 Déblais restant à exécuter

0.00 Niveau moyen de la mer  
 Profond du Canal  
 Cotes du terrain primitif  
 Cotes par rapport au niveau moyen du terrain actuel



Longueur des Biefs	1 <sup>er</sup> Bief, côté Atlantique, de 24 <sup>k</sup> 150 de longueur										2 <sup>e</sup> Bief, côté Atlantique, de 12 <sup>k</sup> 700 de longueur										Bief de partage de 19 <sup>k</sup> 900 de longueur										1 <sup>er</sup> Bief, côté Pacifique de 2 <sup>k</sup> 450 de longueur					2 <sup>e</sup> Bief, côté Pacifique de 2 <sup>k</sup> 700 de longueur					3 <sup>e</sup> Bief, côté Pacifique, et chenal maritime de 12 <sup>k</sup> de longueur				
Alignements et Courbes	Alignement		Alignement		Alignement		Alignement		Alignement		Alignement		Alignement		Alignement		Alignement		Alignement		Alignement		Alignement		Alignement		Alignement		Alignement		Alignement														
	Alignement	Courbe à droite	Alignement	Courbe à gauche de 3000 <sup>m</sup> de rayon	Alignement	C. à D. de 3000 <sup>m</sup> de R.	Alignement	Courbe à gauche de 3500 <sup>m</sup> de rayon	Alignement	Courbe à gauche de 3500 <sup>m</sup> de rayon	Alignement	Courbe à droite de 3000 <sup>m</sup> de rayon	Alignement	Courbe à droite de 3000 <sup>m</sup> de rayon	Alignement	Courbe à gauche de 3000 <sup>m</sup> de rayon	Alignement	Courbe à droite de 2500 <sup>m</sup> de rayon	Alignement	C. à D. de 3000 <sup>m</sup> de R.	Alignement	Courbe à gauche de 2500 <sup>m</sup> de R.	Alignement	C. à G. de 3000 <sup>m</sup> de R.	Alignement	Courbe à droite de 3500 <sup>m</sup> de rayon	Alignement	Courbe à gauche de 3500 <sup>m</sup> de rayon	Alignement	Courbe à droite de 3500 <sup>m</sup> de rayon															





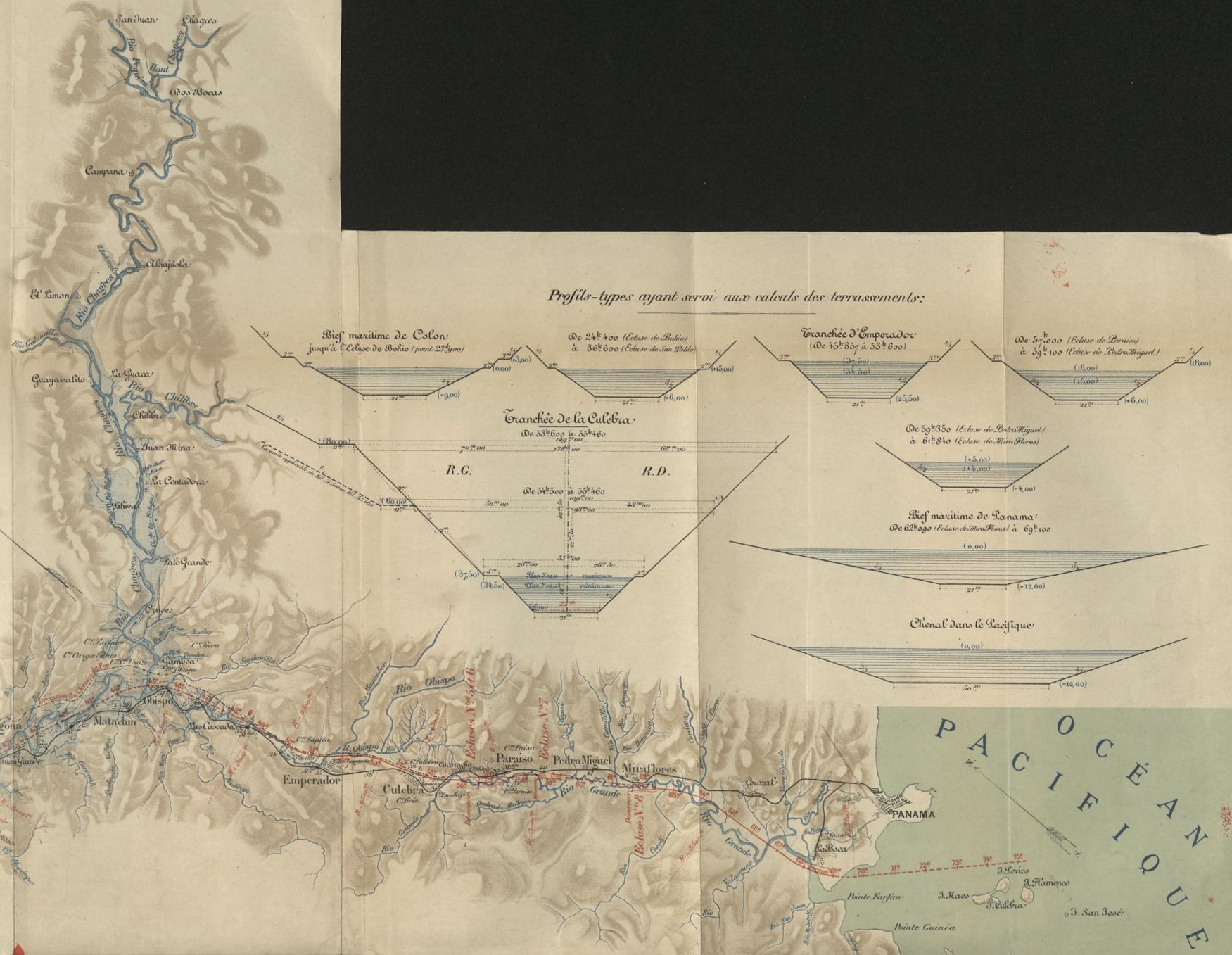
- Légende:**
- Tracé du Canal.
  - - - - - Axe du Canal à la traversée des Lacs.
  - Chemin de fer de Colon à Panama.
  - Derivation à ouvrir.
  - Derivation ouverte.

**CANAL INTEROCÉANIQUE  
DE  
PANAMA**

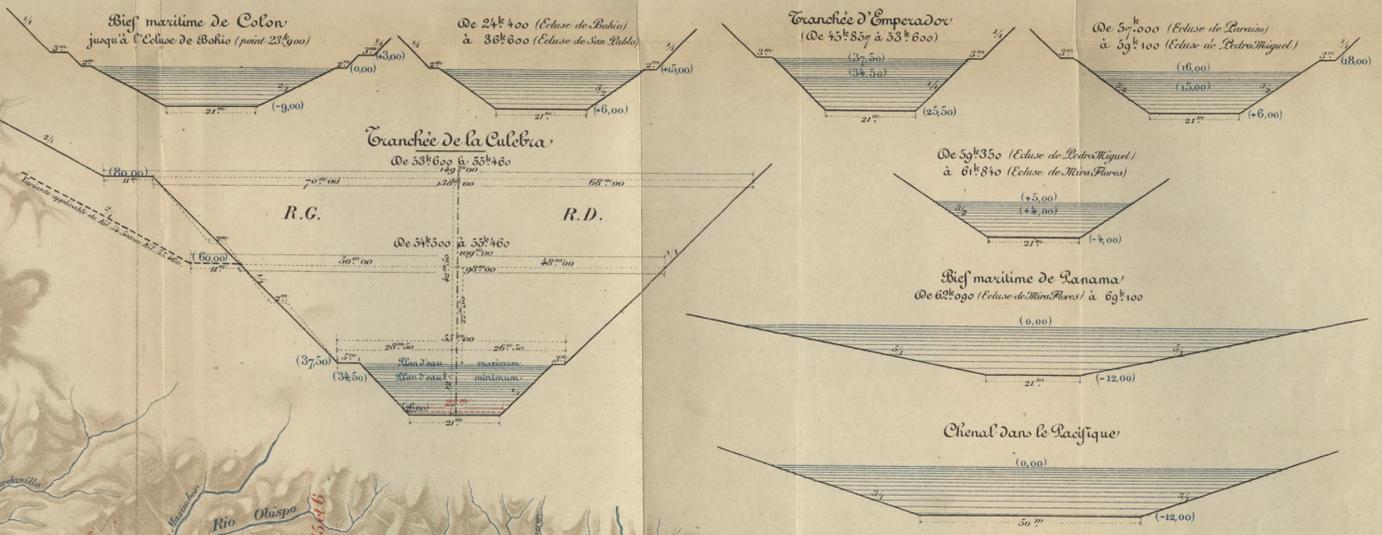
Commission d'Etudes instituée par  
le Liquidateur de la Compagnie Universelle.

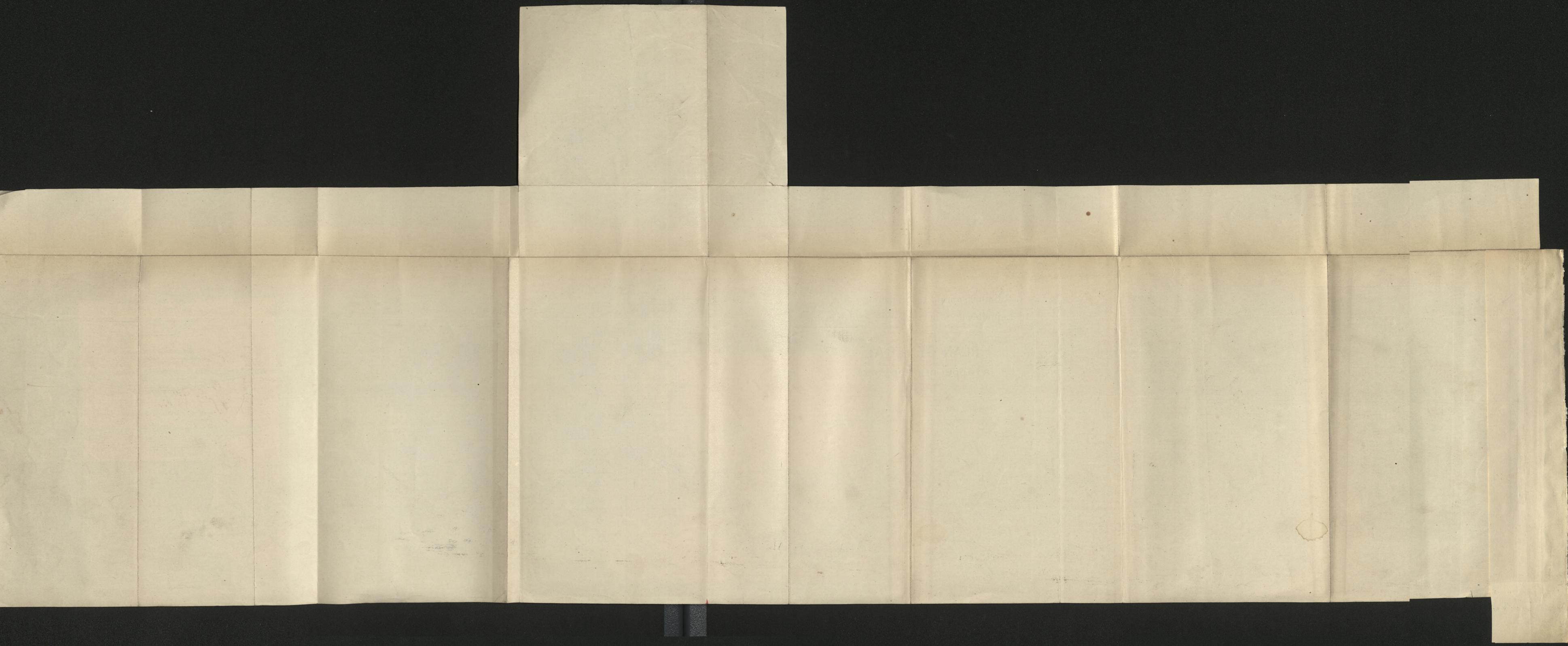
**PLAN GÉNÉRAL  
à l'appui des Rapports.**

Echelle de 1/100000 (1 Millimètre pour 100 Mètres.)

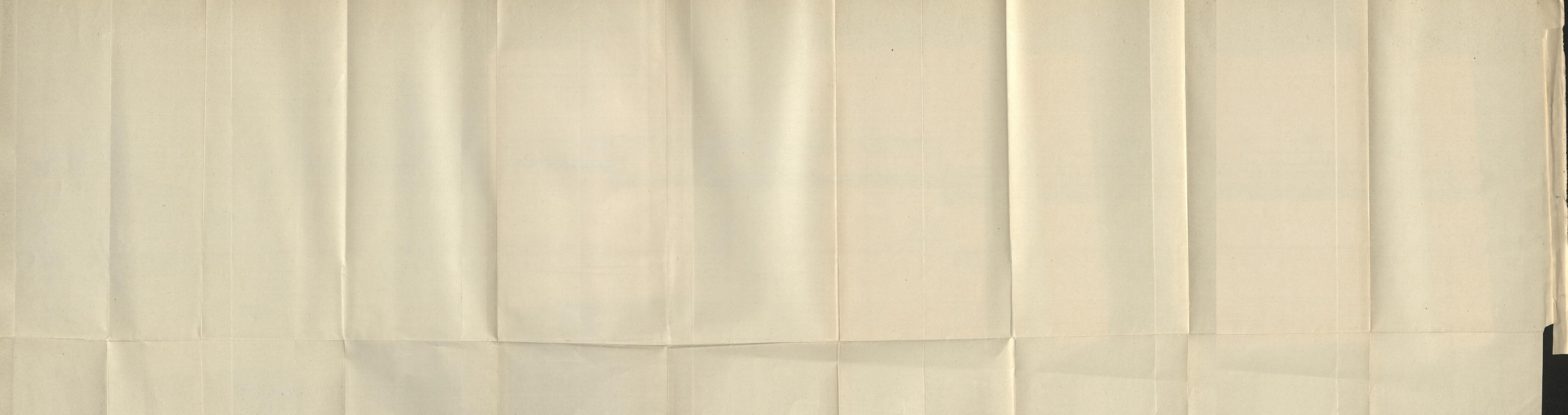


*Profils-types ayant servi aux calculs des terrassements:*















WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw. 8181

Druk. U. J. Zam. 356. 10.000.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299664