

3.

VIIIth INTERNATIONAL CONGRESS ON NAVIGATION
PARIS 1900

FIRST SECTION

THE MISSISSIPI RIVER

SOME OF ITS

PHYSICAL CHARACTERISTICS AND MEASURES
EMPLOYED FOR THE REGULATION AND CONTROL
OF THE STREAM

COMMUNICATION

BY

J.-A. OCKERSON

Member of the U. S. Mississippi River Commission; Member Am. Soc. C. E.;
Member Engineers' Club of Saint-Louis

PARIS

IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE

9, RUE DE FLEURUS, 9

1900



II - 354098

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000318930

THE MISSISSIPPI RIVER

SOME OF ITS PHYSICAL CHARACTERISTICS AND MEASURES EMPLOYED
FOR THE REGULATION AND CONTROL OF THE STREAM

COMMUNICATION

BY

J. A. OCKERSON

Member of the U. S. Mississippi River Commission;
Member Am. Soc. C. E.;
Member Engineers' Club of St. Louis.

The Mississippi River is one of the greatest rivers of the world. It penetrates the heart of the most fertile portion of the United States for a distance of about 2550 miles and 45 000 miles of navigable tributaries branch out in all directions towards the remote limits of this great valley.

The Drainage basin of this river and its tributaries covers a large portion of the United States. It reaches about 4500 miles in latitude and 4800 miles in longitude, giving a total area of 1 256 000 square miles. Its area is equal to nearly one-half of the total area of the United States and is equal to the combined areas of Great Britain, Germany, France, Austria, Holland, Italy, Spain, Portugal and Norway.

It touches thirty States, two Territories and two Provinces of the British possessions. Only eight States to the eastward and seven States to the westward lie entirely beyond the confines of this great basin.

The rain which falls on this area is gathered in countless rivulets which grow in strength and volume until finally they reach the dignity of navigable streams or a mighty river, all moving down to mingle their waters in the parent stream which carries the enormous burdens through narrow confines to the Gulf of Mexico.

At flood times the discharge amounts to 2 000 000 cubic feet per second.

This enormous volume gathered from regions far remote from the alluvial valley would compass its destruction, were it not guided and restrained by artificial means.

Some 29 000 square miles of land are thus subject to over-flow in the alluvial basin below the mouth of the Ohio River. The floods not only bring down great volumes of water but also carry vast quantities of sediment gathered from the Rocky Mountains in the remote Northwest to the Alleghenies in the East. The burden thus gathered is borne along on its journey to the sea, reinforced as it goes, by immense quantities of material eroded from the river banks all of which is carried along until the load becomes too great for the velocity when a portion of it is dropped.

This action, long continued and often repeated, results in sand bars which obstruct the free navigation of the river at a few points during low water. These obstructions do not cover more than ten per cent of the length of the river below St. Louis. The depth of the remaining ninety per cent is ample to satisfy all demands of navigation.

For a distance of 500 miles from the Gulf of Mexico up to the mouth of Red River, the depth of water is sufficient at all times to float the largest sea-going craft.

The regulation and control of this great river therefore involves two distinct problems : One, the improvement of the low water channel to such an extent that full cargoes may be carried at all times, and the other, the control of the floods so that the alluvial valley can be inhabited with safety and its unparalleled fertility can be utilized in cultivation.

The latter is accomplished by means of levees constructed near the banks of the river. They are built of the earth found on the site of the levees and the standard dimensions are a crown of eight feet and a slope of one on three. If the levee is a very high one it is reinforced by a banquette on the land side and the land slope is also flattened. We will try and trace some of the chief physical features of the stream from its source to the Gulf, 2550 miles away.

The source of the great river has long been the subject of heated controversy. Nearly all of the early explorers reached Lake Itasca and most of them were content to call this the head or source, although several of them evidently knew of lakes and streams above Itasca.

This lake was named by Henry R. Schoolcraft who derived the name in rather an ingenious manner. He first thought to use the Latin words for true source, that is " *veritas caput* ", but found this name rather cumbersome and therefore struck out the first and last three letters leaving the name Itasca, which we are now familiar with.

The earliest white visitors to reach this section of country were doubtless the French fur traders but they were too much interested in their traffic to record their geographical discoveries. The earliest authentic account

of the exploration of the source of the Mississippi is that of William Morrison who visited that section in 1804 and again in 1811 and 1812. The next important expedition to reach Itasca Lake was that of H. R. Schoolcraft in 1832 and at that time his ingenious name for the lake was first applied.

Jean N. Nicollet, an exile from France, made an exploration of the basin at the source in 1836. His scientific labors in this and other localities were regarded so highly that he was employed by the Government of the United States to construct maps and write a report covering the field of his explorations.

He died however before the completion of his labors.

He considered the ultimate source of the Mississippi river as being that stream flowing from the Springs in the hill side southwest of the west arm of Lake Itasca through the three lakes now known as the Nicollet Lakes, and thence into the west arm of Lake Itasca.

This Stream he called the " Infant Mississippi ". He probably did not know of the existence of the other lakes and streams in the basin still farther from Itasca Lake.

In 1872 the " New York Herald " sent a representative, Mr. Julius Chambers, to visit the source of the Mississippi and make a canoe voyage thence to the Gulf of Mexico. He discovered Elk Lake but failed to find or delineate Nicollet's " Infant Mississippi " or the other lakes to the southward.

In 1872 Edwin S. Hall made a Government Survey of the district and divided it up into sections in the usual way. His plates show Elk Lake, the Infant Mississippi and the lakes to the south now called Morrison and Hernando De Soto Lakes, but he missed several lakes of smaller dimensions.

In 1879 the " Louisville Courier Journal " sent an expedition to Itasca Lake under Mr. A. H. Siegfried. His explorations extended to Elk Lake which he describes as the source of the Mississippi.

Mr. O. E. Garrison connected with the Geological Survey of Minnesota made a hasty reconnoissance of the basin in July 1880.

In 1881 Captain Glazier visited Itasca Lake and claimed Elk Lake as a new discovery which was named by his party, Lake Glazier, although the lake had been visited by several different explorers many years prior to 1881.

The first thorough exploration of the basin was made in 1889 by the Hon. J. V. Brower, under the direction of the Minnesota Historical Society. He prepared a very creditable map from actual surveys made in much detail. His report to the Historical Society is an admirable document covering thoroughly the whole range of prior explorations.

In 1899 the writer visited the locality and after a careful examination of the main features of the basin, followed the river down stream a distance of about 100 miles.

In the spring of 1900 the Mississippi River Commission made a detailed survey of the ultimate watershed and an accurate map will be made from the same at an early day.

The State of Minnesota has set aside a reservation of 55 square miles covering the basin. It is called Itasca State Park. It is still in the wilderness some forty odd miles from the nearest railroad and there are very few settlers and no towns near it. Pine forests of considerable extent which have never felt the axe are found in this locality. The soil is generally poor, the formation being mainly glacial deposits of boulders and gravel.

Bass, Pike, Pickerel and other varieties of fish are found in the lakes, in abundance, and in the forests, deer are plentiful. Black bear, wolves, porcupines and fur bearing animals are also found there.

This description of the conditions at the source is somewhat lengthy, but we are dealing with one of the greatest rivers of the world whose origin is a matter of more than passing interest.

The Mississippi River Commission is charged, in connection with its other duties, with making a detailed survey of the river from its headwaters to the Head of Passes near the Gulf of Mexico. These surveys embrace astronomical observations for latitude, longitude and azimuth, a system of triangulation of high grade with its carefully measured base lines, a line of levels of precision, a topographical survey showing in detail all natural and artificial features (with elevations and contours) lying within about a mile of the river; hydrography consisting of cross-sections sounded at frequent intervals with a line of soundings along the thalweg line and including the determination of the elevation of the water surface at each cross-section from which the general and local slope is determined.

At intervals of about three miles along the river permanent marks are established as initial points and reference marks for future surveys. These marks consist of four stone or vitrified tile monuments placed in a line normal to the stream, two on each bank about half a mile apart.

Before starting a system of triangulation an accurate base line is essential. With a steel tape 500 feet long a base line can be successfully measured very economically and with a high degree of accuracy provided the measurements are made when the temperature is constant as on a cloudy day or before sunrise in the morning. The discrepancy in the measurements of this class rarely exceeds one in 500 000.

These base lines are measured at intervals of about 25 triangles and azimuth observations are made at each base.

As the country is more or less wooded it is necessary to construct stations or wooden observing towers from which to read the angles. These towers range from 20 to 90 feet in height.

These angles are read with great care with high grade instruments

reading to seconds by means of micrometers. The discrepancy in closure of triangles rarely exceeds two seconds of arc.

The close of the season 1900 will see the triangulation and precise levels completed from the Gulf of Mexico to the head waters. The topography and hydrography is already completed up to Aitkin, Minn., or within about 550 miles of the source.

The river has been thoroughly mapped from the Gulf to St. Paul and lithographed maps have been prepared for public use. Lake Itasca is about $3\frac{1}{4}$ miles long, half a mile wide, and has a maximum depth of about 50 feet.

First Reach.

The river leaves Lake Itasca at its northern extremity with a width of about 50 feet and a depth of 5 feet and starts on its journey of 2550 miles with an altitude of about 1560 feet above sea level.

Commercial navigation reaches to within 25 miles of Lake Itasca and thousands of pine saw logs are floated down every summer.

The river flows north for a distance of about 60 miles and then turns eastward passing through Bemidji, Cass and Winnibegoshish lakes after which it changes to a more southerly course.

In this locality lie the great reservoirs constructed by the Government for the improvement of low water navigation. These reservoirs have a storage capacity of about 95 746 000 000 cubic feet of water. This is allowed to escape during the low water period and gives a marked increase in depth as far down as Lake Pepin a distance of nearly 500 miles below the reservoirs.

From the source down stream to Aitkin, a distance of 545 miles, the river for the most part flows between low marshy banks and is exceedingly crooked. The free flow is occasionally interrupted by rapids and reservoir dams

Ice and snow hold sway from November to April.

In the next 205 miles down to the Minnesota River there are several obstructions in the shape of rapids, water power dams and the falls of St. Anthony.

The manufacturing industries, saw-mills, flouring mills, etc., have become so numerous that the water at St. Anthony's Falls has nearly all been diverted for use as power and it is not uncommon to see the falls proper nearly or quite dry.

The mouth of Minnesota River is 205 miles below Aitkin and is practically the head of steamboat navigation at the present time, although a lock and dam is under construction which will enable steamboats to go up to near the falls of St. Anthony to the City of Minneapolis. At the head of navigation the oscillation in stage of river reaches about $19\frac{1}{2}$ feet and the

discharge varies from 1000 cubic feet per second at low water, to 117 500 cubic feet per second at high water. This supply is contributed by numerous small tributary streams, which combined, make a river of considerable proportions.

At the mouth of the Minnesota River the elevation is about 690 feet above sea level. Down to this point, the slope or fall averages about 1 1/2 feet per mile and amounts to 56 per cent. of the entire fall from source to mouth.

Second Reach.

From the mouth of the Minnesota River to the Mouth of the Missouri River is a distance of 705 miles.

A number of important tributaries come into this reach of river, the chief of which are St. Croix, Chippewa, Wisconsin, Iowa, Des Moines and the Illinois.

The river is spanned by numerous bridges both rail way and wagon, an interesting example of which will be found at Dubuque, Ia., where a railway and a wagon bridge cross the river side by side.

In the upper portion of this reach the river is divided into numerous sloughs which serve as channels in high water, many of which are dry at low water.

The banks are generally low and the oscillation between high and low water at the lower end of the reach has a maximum range of 26 1/2 feet.

The discharge ranges from about 20 000 cubic feet per second at extreme low water, to 550 000 cubic feet per second at high water.

The elevation of the low water at the lower end of the reach, above sea level, is 405 feet and the slope of the entire reach averages 1/2 feet per mile.

The water carries but little sediment and it is often desirable to pump the material from the bottom and deliver the same against the contraction dikes in order to make them quickly effective. Comparatively little bank erosion occurs in this reach.

For a stretch of 24 miles the water flows through Lake Pepin, a body of nearly slack water 30 feet deep; at Rock Island and at Keokuk the flow is interrupted by rapids where the bed of the stream is solid rock. Before any improvement work was done the navigable depth at low water often went down to 2 1/2 feet; where the improvement work has reached near the stage of completion, the depth now rarely goes below 4 feet. Navigation is suspended during the winter season for a period of four months or more when the river is frozen. High water generally comes in May and June and the low water begins about the first of September and continues until the river thaws out in the spring.

The general improvement of this portion of the river is effected by

means of contraction works and closure of chutes aided by dredging.

At Rock Island Rapids the improvement consists of the removal of rock and contraction of volume by dikes and dams. The Rapids at Keokuk are surmounted by means of a canal with eight miles of slack water navigation and with three locks having a total lift of 18 feet.

Third Reach.

The third reach extends from the mouth of the Missouri to the mouth of the Ohio a distance of about 210 miles. Here the water becomes heavily charged with sediment and permeable dikes which are used in the improvement works readily induce immense deposits. The banks in this reach are somewhat higher than those above and the effects of bank erosion are more decided.

The extreme range between high and low water at St. Louis is 57 feet, with the single exception of the flood of 1844, which reached 41 feet. The low water slope averages about 0.6 feet per mile and the discharge ranges from about 55 000 cubic feet per second at low water, to 850 000 cubic feet per second at high water. Overflows are not frequent and only occur when the floods of the upper Mississippi and Missouri Rivers are coincident. The high water stages usually occur in May and June and the low water season beginning in September, often extends into the winter months. Sand bars are numerous and the navigable depth at times is as low as four feet at the shoalest points. The river washes the rocky bluffs on one bank or the other a greater part of the reach and at Grays Point, 1100 miles above the mouth, it flows through a rocky gorge for a distance of about 7 miles. Below this gorge the normal conditions of the stream are often affected by backwater from the Ohio which causes a deposit of the sediment that becomes a prolific source of annoyance to navigation and causes active bank erosion. This reach is some times frozen over for a month or more during the winter, but more often it is open for navigation throughout the year. The whole reach shows many of the characteristics of the Missouri.

The principal tributaries coming into the main stream in this reach are the Missouri, Meramec, Okaw and big muddy rivers.

The system of improvement adopted, consists of contraction of the low water channel by means of hurdles or permeable dikes, the closure of chutes, the revelement of banks and the use of hydraulic dredges. These works where completed, have shown very good results in the way of increased depth and justify the belief that a navigable depth of at least seven feet at extreme low water is entirely practicable.

The City of St. Louis, the commercial metropolis of the Mississippi Valley, is located in this reach. One of the most substantial bridges ever

built and known as the Eads Bridge is located at this point. The arches of this bridge are constructed of steel tubes.

Fourth Reach.

The fourth reach extends from the mouth of the Ohio to the mouth of the Red River a distance of about 750 miles. At the head of this reach comes in the Ohio, reinforced by the Tennessee, Cumberland and other tributaries which combine to control the flood conditions of the lower Mississippi River.

The principal tributaries of the fourth reach are the St. Francis, White, Arkansas and Yazoo, which at times add very largely to the flood volume carried by the main stream.

The Missouri River conditions noted in the third reach are no longer the controlling factors except as regards sediment, the great floods which are so destructive, coming from the Ohio basin. The bed of the stream is through deposits which the river has built up and torn down repeatedly.

At a few points, the lateral movement of the river is held in check by the bluffs, but it lies largely along the eastern portion of the alluvial plain. It washes the bluffs at 15 points on the east side and at only one point (Helena, Ark.) at the west side. The caving in the middle third of this portion of the river reaches enormous proportions. A large percentage of the alluvial banks throughout the reach yield readily to the eroding power of the current and this erosion amounts to an average area of about nine acres per annum for each mile of river.

Where the safety of a town or other important interest are threatened by excessive erosion, steps are taken to stop it. For this purpose mats are woven of willows and sunk to protect the bank below low water. The bank from the low water line to the top is graded by means of an hydraulic grader, to a slope of one vertical to three horizontal and then closely paved with rip rap stones on a bed of smaller stones or quarry spawls. The grader is provided with pump having a 16" piston with 24" stroke and works under a pressure of about 110 pounds per square inch through an inch and three quarter nozzle. The steam cylinders are 18 and 34 inches in diameter.

A set of mooring barges and mat barges are required in the construction of a subaqueous mat. The mooring barges are placed end to end and normal to the river bank and are held in place by several wire cables leading to secure fastenings on the banks. The head of the mat is attached to the down stream side of these barges with proper lowering devices and is

further secured by about eight mooring lines leading under the mooring barges direct to the shore where they are securely fastened.

Two mattress barges placed end to end are generally used. These are dropped in below the mooring barges to which they are attached by three cables so arranged as to allow the barges to be dropped down as the mat is built.

The mat is from 250 to 300 feet wide and is made of willow fascines about one foot in diameter. The willows range from one to four inches in diameter at the butts.

These fascines are placed in the mat normal to the bank of the river. The fascines are made on the ways of the mattress barges and successive launches are made as the ways become filled until the required length of mattress has been constructed.

The several fascines are fastened together by means of quarter inch wire strands and these in turn are fastened to longitudinal strands of wire cable $5/16$ of an inch in diameter, spaced about eight feet apart and running the whole length of mat.

On top of the mattress, longitudinal rows of willow poles are placed at intervals of about 16 feet and securely fastened to the fascines with wire. These poles serve to stiffen the mat and hold the ballast.

A completed mattress may be a thousand feet long or even more. When completed the mat floats on the surface with one side against the bank.

In sinking, the whole mat is first ballasted with stone until it will barely float. Stone barges are then brought to the head of the mattress which is loaded with stone and lowered to the bottom. Then the stone barges are dropped in below the mooring barges, with a large force of men on board who throw the stone off on the mattress, the stone barges dropping down stream as the mattress sinks.

A mattress 250 feet wide and 1000 feet long can be sunk in about one hour. This mattress securely holds the bank below the low water line.

Above the low water line, the bank must be graded and paved with stone or other material. The heavy part of the grading work is done with a hydraulic grader after which the bank is smoothed up with shovels. This grading costs about \$1,25 per lineal foot of bank, the total width of the grading being about 120 feet.

After the grading is done, the bank is covered with a layer of about four inches of quarry spawls. On this the rip rap stone in pieces weighing from 10 to 40 pounds is carefully laid, making a paving about a foot thick.

This paving requires about 0,5 of a cubic yard of stone for each square yard of bank; the cost of completed pavement being about \$0,90 per square yard.

The cost of subaqueous mat in place is about \$6,50 per square (100 sq. feet), or about \$17,00 per lineal foot of bank.

The cost of the upper bank work is about \$10,00 per lineal foot of bank, making a grand total cost of about \$27,00 per lineal foot of completed bank revetment.

Experiments are being made with other forms of bank paving with a view to better results and reduction in cost.

Stone for the lower reaches of the river must be carried long distance and hence becomes quite expensive.

The local gravel and sand bars furnish abundant material to mix with cement in the proportions of 15 gravel to one of cement to form artificial stone. This is made on the gravel bars in the vicinity of the work and promises to be very successful. Several methods of using this product are being tried. The concrete is sometimes prepared on a barge adjacent to the work and is then spread uniformly over the graded bank above the low water line in a layer of about six inches thick. In other cases the artificial stone is broken up and distributed over the bank like ordinary stone.

It is also laid in place in slabs about 5 feet sq. in cells made of two layers of 2" \times 4" scantling laid flat, in which is fastened a wire mesh of No. 10 wire about 6 \times 12 inches in size, the function of the wire being to hold the concrete slabs together in case there is a tendency to crack and break.

Brick is used in much the same way, except the cells or squares are about ten feet square. One layer of brick is laid flat on the ground and the wire mesh, 6 \times 12 inches is stretched over it. This is covered with a thin layer of cement in which is laid a second layer of brick. The two layers with the wire mesh between them are thus securely bound together. The use of brick as ballast instead of stone is simply on the account of economy.

Sometimes the second layer of brick is omitted, the brick being held together with the wire mesh and dabs of cement.

These are some of the experiments that are being tried in the hope of finally reaching a satisfactory solution of the problem of bank revetment.

In place, the river becomes excessively wide by encroaching on first one bank and then the other, as in the vicinity of Point Pleasant, Mo., again it becomes exceedingly crooked by the continued erosion of the concave bank. The most marked case of this kind lies between Arkansas City and Greenville, where the air line distance is about 15 miles while the river distance is 40 miles.

The width of the river reaches a maximum in the fourth reach, the high water banks being sometimes two miles apart. The banks are 50 to 45 feet in height above low water. Overflows are frequent, except where floods are restrained by levees. The sand bars are very large in extent and wooded islands and towheads are numerous.

A large quantity of drift-wood is carried down the river during flood stages. This accumulates against the contraction dikes and ultimately fills up with sand, thus forming an effective and durable barrier to the flow of the water.

Much of the drift is contributed from the caving banks. The trees are undermined and topple into the river with tons of earth clinging to the roots which causes them to sink and later, when the water is lower to become serious manaces to navigation in the shape of snags, which frequently wreck the staunchest craft. To eliminate these obstructions the government has provided snag boats, which patrol the river, removing the snags that are found and also remove the timber along the caving banks so as to prevent the formation of snags.

There are about 40 bars or crossings in this reach which may become obstructions to navigation, the depths on a few of them, at times, reaching as low as 5 feet; but 95 per cent of the length of the reach has ample depth of water to satisfy all of the demands of commerce, many of the bends being over 100 feet deep. It rarely, if ever, happens that all of the bars, above named, show shallow depths at the same time or even during the same season.

Floating ice, at intervals of three or four years, enters this portion of the river, but rarely causes the suspension of navigation.

The low water season covers a period of about four months in the fall of the year, during which time navigation may be interrupted by shallow water, but now and then, entire years pass without any such interruptions. The floods usually come in the winter or in the early spring months. The extreme range in stage from low to high water is about 55 feet and the discharge ranges from 65 000 cubic feet per second at low water, to 2 000 000 cubic feet per second at high water.

The destructive floods enter the alluvial basin at the upper end of this reach and sweep its entire length, gathering strength as they go and often remain at an overflow stage for a period of nearly three months.

To control these floods levees are being constructed on the right bank from Point Pleasant, Mo., to Walnut Bend; from Helena to near mouth of White River and from above Arkansas City to Bougere 50 miles above the mouth of Red River, a total length of levee on right bank of about 490 miles. On the left bank the levee begins at the head of Horn Lake below Memphis and extends to Eagle Lake above Vicksburg, a total length of 518 miles.

The small areas lying between the bluffs and the river have not yet been leveed owing to the difficulties of drainage and the cost which would generally far exceed the value of the land protected.

Some of the levees across low ground reach a height of 50 feet or more

for short distances. In all cases where the levee exceeds 12 feet in height it is reinforced with a banquette reaching within 8 feet of the top, the said slope being about 4 to 1.

One of the active agents in the destruction of levees is the wave wash from wind and from passing steamers. This attacks the levee as the water reaches the base and continues as the water rises and not infrequently results in a break of the levee.

When the water gets dangerously near the top of the levee it often becomes necessary to reinforce it with sacks of earth. Under such conditions the levees are very carefully watched and workmen are kept ready to respond to any danger call.

But in spite of the greatest vigilance, breaks occur and then the only thing that can be done is to hold the broken ends so as to save as much of the levee as possible.

This is done by means of sacks filled with earth and fastened to a line making a long row of sacks covering the exposed end and well back along the levee. Several such lines are rolled over the broken ends of the levee into the water and are generally very efficacious in preventing the enlargement of a crevasse or break.

Breaks in the levees generally occur after the water has stood at a considerable height against the levee for quite a length of time. Under such conditions the levees become saturated although heavily sodded and crayfish holes or other small defects develop into dangerous leaks, finally resulting in a general collapse of a section of the levee.

The break widens rapidly and soon the surrounding country becomes flooded, houses submerged and man and beast must take refuge on a neighboring piece of levee and make the best of temporary shelter for perhaps several weeks until the waters subside. Damage to buildings and fences are repaired as quickly as possible and work in the fields is resumed.

The active erosion of the river banks, which ultimately carries with it the levee line, is one of the great burdens in the maintenance of a levee system.

Not only does the destruction of a levee line require a new line farther back to be built at great cost but much valuable property must necessarily be left outside and abandoned to the mercy of the floods.

Crevasses often ruin the plantations in their immediate vicinity. Directly in the path of the crevasse, the soil is washed into great holes and gullies to the depth of several feet; while logs, trees and sand are distributed broad cast over large tracts of cultivated land. This not only destroys the crops that may be growing but ruins the soil.

The elevation of the upper end of the fourth reach at low water is about

270 feet and at the lower end the elevation is about 2 feet above sea level. The low water slope averages 0.55 feet per mile.

At the head of this reach is where the problem of regulation and control divide into two distinct parts, viz : improvement of low water navigation and control of the flood waters to prevent the overflow and consequent destruction of nearly 50 000 square miles of rich alluvial land.

The control of the floods can only be accomplished by means of a system of substantial levees such as are now in progress.

The demands of commerce require a navigable depth of not less than 8 feet at low water and this depth, or more, can be obtained by means of suitable contraction works where the low water stream is too wide, by the closure of chutes, the revetment of banks and the judicious use of powerful hydraulic dredges.

Thus far the work of maintaining navigable channels by means of hydraulic dredging has been largely confined to this reach, although some work has been done in this line in the second and third reaches.

Experiments in dredging were begun in 1892 and these experiments fixed the general type of dredge required to accomplish the desired results.

The main features of such a dredge are a double suction centrifugal pump of large size having a suction provided with mechanical of water jet agitators to loosen the material to be dredged so that it will flow freely into the pump and a floating discharge pipe of sufficient length to carry the pumped material out of the channel into deep water or on the sand bar along side.

It must further be provided with suitable hoisting and hauling winches with which to handle the suction and move the dredge along the proposed line of cut. It must have the necessary boiler power to operate all of the machinery.

All of the dredges of the Mississippi River Commission conform to this general type as far as the dredging machinery is concerned.

Three of the dredges are provided also with propelling machinery.

The dredge is moved ahead by means of hauling cables 1000 feet long attached to iron piling set firmly in the sand on the line to be dredged.

A machine shop with tools sufficient for ordinary repairs is provided.

A cabin covers the machinery and furnishes quarters for the crew.

The largest of the dredges now in use is the "Beta" which was built in 1896. As first constructed the suction was provided with revolving cutters to loosen the material so that it would flow freely into the pump. In the official tests this dredge developed an average capacity of 4550 cubic yards per hour.

Owing to the excessive draft of the dredge it was found necessary to

make extensive alterations which were completed in 1898. With the exception of the draft, this dredge was found to be very efficient in actual work.

As the dredge now stands it has a steel hull 214 feet long, 58 feet wide and 1 feet 10 inches deep. It has a cabin 168 feet long and 32, 39 and 46 feet wide, in different parts of its length. There are two complete sets of pumping machinery. The sand pumps are of the double suction centrifugal type with discharge from the top. The pump runners are 7 feet in diameter, the pump shafts being directly connected to crank shafts of engines which are vertical triple expansion and condensing, with cylinders 20 1/2, 35, 36 and 58 inches in diameter, respectively and 24 inch stroke. Each engine has an average of 925 indicated horsepower running at a speed of 140 revolutions per minute.

The average capacity of each pump under ordinary working conditions is about 1600 cubic yards of sand per hour.

The steam is supplied by four Heine water tube boilers rated at 375 horse-power each.

The sand at the suction head is loosened by means of water forced through 18 nozzles one inch in diameter, the water being supplied under a pressure of from 40 to 100 pounds according to the nature of the material.

The Jet pumps for this purpose are duplex, triple expansion, condensing, with cylinders 8, 14 5 and 24 inches in diameter respectively and two pump plungers 16 inches in diameter and 14 inch stroke.

The width of suction head is about 37 feet.

The floating discharge pipes are made of tank steel 33 inches in diameter and are made in lengths of 50 and 100 feet, the several lengths being connected with rubber sleeves. There is a line of pipe for each pump.

The dredge is manipulated by means of head cables attached to iron piles.

One type of pump in use with horizontal engines is a 34 inch centrifugal with a runner 68 inches in diameter and discharge at the bottom.

The engines are horizontal cross compound condensing, with cylinder 118 and 52 inches in diameter respectively and 22 inch stroke, one engine being coupled to each end of the pump shaft.

These engines run at 160 revolutions per minute with 475 indicated horse power.

Capacity of pump, 800 yards of sand per hour.

All of the dredges, except one, have steel hulls, the general type of the non propelling dredges being similar to that of the dredge "Epsilon".

The dredge "Delta" is the only dredge in the fleet provided with mechanical agitator. The pump on this boat differs from some of the others; the blades are square and the sides of casing are straight, making renewals by means of liners very easy.

The general form of this pump when provided with double suction is regarded as the best for the work required on the Mississippi River.

The dredge "Delta" has vertical compound condensing engines of the marine type with cylinders 22, and 48 inches in diameter and 24 inch stroke. At 150 revolutions they develop an average of 1000 indicated horsepower. The dredge has a capacity of about 1200 cubic yards of sand per hour.

The mechanical cutters on a horizontal shaft is a unique feature of this dredge. It is operated by two sprocket chains run by an engine on a sliding bed plate.

The later type of dredges, one now nearly completed and two under contract are provided with propelling machinery with which to move the dredge from point to point, as may be desired.

In other respects they are very much like the non propelling dredges.

The discharge pipe however, will be supported above water on special pontoons instead of being built into the ponton. The hull is built of steel, the plates generally being about three eighths of an inch thick ($3/8''$).

General dimensions of self propelling dredge.

Length of Hull.	192	Boilers 44" \times 50'.	7
Width	44	Flues 11".	4
Depth.	7	Tandem Compound.	
Width over guards.	70	16" et 26" and 20" stroke.	
Working draft.	4	Suction and Discharge 32"	

Propelling engines 22" in diam. and 7 feet stroke.

As has already been stated, the obstructions to navigation are confined to a few sand bars which cause shallow depths during a period of about three or four months of each year.

These sand bars are generally found between two pools of deep water and form the crossings over which steamboats must pass as they go from the deep pool in a bend along one bank to the deep pool lying along the opposite bank.

The first effect of a flood, with its increasing velocity, is to erode the bed and banks of the river and add this material to the load already in suspension. This action continues until the crest of the flood is reached and the decline sets in. The load is then too heavy for the diminishing velocity and the burden is lightened by deposits on the crossings and obstructions are thus formed which may become serious hindrances to navigation.

When the river approaches a low stage these bars act as dams which tend to hold the water in the pools. The slope on the crossings and the velocity is thereby increased. The crests of the bars consequently cut

out and if the scour is confined to one channel, a good navigable depth generally results in time. If, however, the bar is wide and flat there may be several incipient channels none of which will answer the requirements of navigation. These must be concentrated by contracting or dredging or perhaps both.

The dredge is put in at the lower edge of the crossing and a cut is made, parallel to the natural thread of the current, from the lower pool toward the upper one. When a dredge cut is opened through the crest of the bar, the water flow is concentrated to a certain extent and the general tendency is towards an increase in scouring effect, which soon results in a good channel.

These channels generally remain throughout the low water season unless there are changes in stage of considerable magnitude.

The capacity of the dredges now in use is about 1000 cubic yards of sand per hour for each pump. Tests of capacity have been made of several dredges by pumping the material into a large barge under normal working conditions.

The test barge is connected to the end of the discharge pipe and a quick acting valve in the barge makes it possible to throw the stream into the barge or into the river.

The time interval can therefore be closely determined and by measuring the quantity of material in the barge the amount per unit of time is easily determined.

When the valve has been closed and the water in the barge steadies down, gauges are read and the water is then drawn off leaving the sand in the bottom. The depth of the sand is carefully measured at regular intervals and the volume is computed from these measurements. From the volume and time interval during which the valve was open, can be determined the velocity and volume per unit of time and per unit of power as shown by indicator cards taken during the test.

There are a number of important cities in the reach under discussion such as Columbus, Hickman, New Madrid, Memphis, Helena, Arkansas City, Greenville, Lake Providence, Vicksburg and Natchez.

Only one bridge crosses the river below St. Louis and this has clear spans of 710 feet so that the largest craft pass through with ease and safety.

Large grain and coal tows sometimes find it difficult to run even these wide spans when wind and current are unfavorable.

Bulk grain is carried from St. Louis to the sea in barges guided by powerful towboats. They sometimes carry as high as 11 000 tons of grain and miscellaneous freight at one time on 7 or 8 barges.

The trip from St. Louis to New Orleans a distance of about 1150 miles is made in about 6 1/2 days.

The coal tows from the Ohio River make the trip from Louisville to New Orleans a distance of about 1550 miles in about 15 to 17 days with 42 pieces carrying about 1 200 000 bushels of coals, or 48 000 short tons. The actual cost of transportation is about ten cents per ton.

Fifth Reach.

The fifth reach extends from the mouth of the Red River to the Gulf of Mexico a distance of 510 miles.

In this portion of the river the channel is narrow, averaging about a half mile in width and the depth some times exceeds 200 feet. Bank erosion is slight as compared with the fourth reach, sand bars as obstructions to navigation are almost unknown and neither contraction works or dredging are required. Here nature has constructed an ideal channel with depths sufficient at all times for the largest sea going craft. For nearly the entire length, the water is confined to a single channel down to the Head of the Passes, there being but two islands, Profit and Bayou Goula, in the entire reach.

As the upper limit of the reach at low water is less than three feet above mean Gulf level, it often happens that the tidal effect is noticeable throughout its entire length.

The Red River is the only tributary in the fifth reach which adds to the volume of the main stream,

There are several outlets through which the waters of the river can flow to the Gulf of Mexico. Some have been closed by levees, as Manchac and Plaquemine Bayous. The Atchafalaya, La Fourche, Collet, the Jump and Cubitts are still open, but are gradually filling up with deposits of sediment.

At the head of this reach is the Atchafalaya, which is the first practicable outlet to the sea for waters coming down from the great drainage basin of the Mississippi. Any water escaping over the banks of the stream above this point must return again to the main stream to swell the volume already in the channel.

The levees are here built on the immediate banks of the stream and the burdens of a flood gathered from a basin 1800 miles wide, must here pass between the natural banks and the artificial embankments raised on them, which are only about half a mile apart. The levees on the right bank extend from the Atchafalaya to the Jump below Fort Jackson a distance of 287.2 miles.

Baton Rouge, the capital of the State of Louisiana, is situated at the end of the range of hills, on the left bank. It is above overflow except as to the immediate river front.

The levee on this bank begins at the hills and extends down to near Fort St. Phillip a distance of 207 miles.

At Plaquemine, on the right bank, some 200 miles above the head of Passes, a lock is being constructed to enable steamers to enter.

The dimensions of this lock are; — width 58 feet, length 265 feet, gates 51 feet high. Not far below the Red River the sugar district begins and immense plantations with large sugar mills are seen on every hand.

Plantation mansions stand back of the levees and near the river in groves of moss covered live oak trees with long rows of negro cabins back of them.

The most important of the Gulf ports is the City of New Orleans. It is situated on the left bank 110 miles from the Gulf of Mexico. Ships of all nations reach this port and its 15 miles of river front is crowded with merchandise of all sorts. Grain and cotton form the chief items of export.

The extreme oscillation in stage recorded up to the present time at New Orleans is 20,7 feet.

At the head of the passes the river divides into three main branches, viz. : Southwest Pass, South Pass and Pass a Loutre. South Pass has been improved by means of jetties and is now the only navigable channel from the river to the sea for vessels trading at the port of New Orleans. It has a navigable depth of 26 feet while the other passes have only 11 feet across the bar at the Gulf.

The jetties were originally built one thousand feet apart and extended out over the bar to deep water in the Gulf, a distance of about 11 900 feet. A second pair of jetties were built inside of the first ones 800 feet apart and this interval was still further reduced to 600 feet by means of spurs.

A portion of the old jetties was surmounted by a concrete parapet about 5455 feet long $5\frac{1}{2}$ to $7\frac{1}{2}$ feet high with a base from 4 to 12 feet wide.

The sea extremity of the east jetty carries a beacon light for the guidance of vessels. A light ship provided with fog signals and other appliances is stationed a short distance off.

Owing to the extraordinary increase in size and draft of ships, South Pass is now altogether too small to satisfy the demands of commerce. These conditions will soon require the improvement of Southwest Pass, which has double the width and five times the capacity of South Pass. A depth of 55 feet can doubtless be obtained in this pass and this depth will accommodate all vessels which can enter the principal Atlantic or foreign ports as they now exist.

The above brief outline of the physical characteristics of the stream and some of the engineering features that have been touched upon will give you a general idea of the magnitude and importance of the problem of the regulation and control of the Mississippi River. The subject is by far too great to be covered in the brief space of a single paper.

We have however traced the course of the river from its head waters amid the pine clad hills of northern Minnesota where the long winters reach almost a polar cold, down through varying phases of climate, past the shores of ten great states, to the semi-tropical lowlands of southern Louisiana where the perfume of the orange blossom is wafted across its waters before they are finally lost in the Gulf of Mexico.

We have covered in this journey a distance equal to that from Paris to the Siberian frontier; we have passed through a region which for fertility of soil and natural resources, such as timber coal and mineral of various kinds, has no equal in any similar area on the globe; we have noted its vast drainage area and the enormous volume of its floods; we have observed the immense size of the cargoes of grain, coal and lumber which are borne on its ample surface from the heart of a great continent to the seaboard, and on summing up all these factors we realize the magnitude and importance of this great river and without hesitation proclaim it the "Father of Waters".

TRADUCTION FRANÇAISE

LE MISSISSIPI

SES CARACTÈRES PHYSIQUES — MESURES EMPLOYÉES
POUR SA RÉGULARISATION ET LE CONTROLE DE SON COURS

Le Mississipi est l'un des plus grands fleuves du monde. Il pénètre dans le cœur de la partie la plus fertile des États-Unis sur une longueur d'environ 2550 milles, et 15 000 milles d'affluents navigables s'étendent dans toutes les directions jusqu'aux limites lointaines de cette vaste vallée.

Le bassin versant de ce fleuve et de ses affluents couvre une grande partie des États-Unis. Il s'étend sur une largeur d'environ 1500 milles et sur une longueur de 1800 milles, ce qui donne une superficie totale de 1 256 000 milles carrés. Sa superficie égale à peu près la moitié de la superficie totale des États-Unis et elle égale les superficies réunies des pays suivants : Grande-Bretagne, Allemagne, France, Autriche, Italie, Espagne, Portugal et Norvège.

Il baigne trente États, deux Territoires, plus deux provinces des possessions britanniques. Il n'y a que huit États vers l'Est et sept vers l'Ouest qui ne touchent pas aux confins de ce grand bassin.

Les eaux pluviales qui tombent sur cette surface sont recueillies par des ruisseaux innombrables qui augmentent en force et en volume jusqu'à ce qu'ils atteignent à la fin l'importance de fleuves navigables ou de rivières puissantes ; ils descendent tous pour mêler leurs eaux dans le cours commun, qui concentre ces masses énormes et les porte jusqu'au golfe du Mexique.

Aux époques de crues, le débit s'élève à 2 000 000 pieds cubes par seconde. Cet immense volume, provenant des régions les plus éloignées de la vallée alluviale, y répandrait la destruction s'il n'était pas réglé et retenu par des moyens artificiels.

Environ 29 000 milles carrés de terre sont ainsi menacés d'inondations dans le bassin alluvial en aval de l'embouchure de l'Ohio. Les crues apportent

non seulement de grandes quantités d'eau, mais encore d'immenses quantités de sédiments enlevés dans les Montagnes Rocheuses du lointain Nord-Ouest et transportés jusqu'aux Alleghany dans l'Est. Les masses ainsi ramassées sont portées vers la mer, renforcées en route par de grandes quantités de matières arrachées aux rives, et le tout est entraîné en aval, jusqu'à ce que, la charge devenant trop forte pour la vitesse du courant, elle se dépose partiellement.

De cette action longtemps continuée et souvent répétée résultent des bancs de sable qui obstruent la libre navigation du fleuve sur quelques points pendant les basses eaux. Ces obstructions ne règnent pas sur plus de 10 pour 100 de la longueur du fleuve en aval de Saint-Louis. La profondeur des 90 autres centièmes du cours d'eau répond amplement à toutes les exigences de la navigation.

Sur une longueur de 500 milles, du golfe du Mexique au confluent de la rivière Rouge, la profondeur d'eau est toujours suffisante pour la grande navigation,

La régularisation et le contrôle de ce grand fleuve comportent donc deux problèmes distincts : 1° l'amélioration du chenal de basses eaux de manière à permettre la navigation à pleine charge en tout temps ; 2° le contrôle des crues, dirigé de manière que la vallée alluviale puisse être habitée sans danger et que sa fertilité incomparable puisse être utilisée pour la culture.

On obtient ce dernier résultat au moyen de levées construites le long du fleuve. Elles sont construites avec des terres trouvées sur leur emplacement et leurs dimensions normales comportent une largeur de 8 pieds en couronne avec des talus à 4 : 5. Si la levée est très haute, elle est renforcée par une banquette du côté de terre et ses talus sont en outre adoucis. Nous allons essayer de retracer quelques-uns des traits caractéristiques du fleuve, depuis sa source jusqu'au golfe, sur un cours de 2550 milles.

La source du grand fleuve a été longtemps le sujet de vives controverses. Presque tous les premiers explorateurs sont arrivés jusqu'au lac Itasca, et la plupart d'entre eux se sont contentés d'indiquer ce lac comme la source du Mississippi, quoique plusieurs eussent évidemment connaissance de lacs et de rivières en amont d'Itasca.

Ce lac avait été baptisé par Henry R. Schoolcraft, qui en fabriqua le nom d'une manière assez ingénieuse. Il voulut d'abord employer l'expression latine signifiant « vraie source », c'est-à-dire *veritas caput*, mais il jugea que ce nom était quelque peu encombrant, c'est pourquoi il en effaça les trois premières et les trois dernières lettres, laissant subsister Itasca, auquel nous sommes maintenant accoutumés.

Les premiers blancs qui pénétrèrent dans cette contrée furent sans doute des marchands de fourrures français, mais ceux-ci étaient trop intéressés à leur trafic pour publier leurs découvertes géographiques. Le pre-

mier rapport authentique de l'exploration de la source du Mississippi est de William Morrison, qui visita cette contrée en 1804, en 1811 et en 1812. La seconde expédition importante vers le lac Itasca fut entreprise en 1852 par H. R. Schoolcraft, et ce fut alors que le nom ingénieux de ce lac lui fut appliqué pour la première fois.

Jean N. Nicollet, un exilé français, explora le bassin vers sa source en 1856. Ses travaux scientifiques dans cette contrée et ailleurs furent si hautement appréciés que le Gouvernement des États-Unis le chargea de dresser des cartes et d'écrire un rapport sur les contrées qu'il avait explorées.

Il mourut avant d'avoir achevé ses travaux.

Il considérait comme source du Mississippi la rivière qui sort des *Springs* du côté des collines situées au sud-ouest de la branche occidentale du lac Itasca, à travers les trois lacs appelés aujourd'hui lacs Nicollet, et qui se jette ensuite dans cette branche.

Il appela cette rivière l'*Infant Mississippi*. Il n'avait probablement aucune connaissance de l'existence des autres lacs et rivières du bassin situés au delà du lac Itasca.

En 1872, le *New York Herald* envoya un reporter, M. Julius Chambers, avec mission de visiter la source du Mississippi et de descendre en canot de ce point jusqu'au Golfe du Mexique. Il découvrit le lac *Elk*, mais il ne put trouver ni délimiter l'*Infant Mississippi* de Nicollet ou les autres lacs situés vers le Sud.

En 1872, Edwin S. Hall leva, sur l'ordre du Gouvernement, le plan de cette contrée et il la divisa en sections, comme il est d'usage de le faire. Ses cartes indiquent le lac *Elk*, l'*Infant Mississippi* et les lacs situés au Sud qui sont appelés aujourd'hui lacs *Morison* et *Hernando De Soto*, mais il y manque plusieurs lacs de moindre importance.

En 1879, le *Louisville Courier Journal* envoya une expédition au lac Itasca sous la direction de M. A.-H. Siegfried, qui poursuivit ses explorations jusqu'au lac *Elk* qu'il indiqua comme la source du Mississippi.

M. O.-E. Garison, attaché aux études géologiques du Minnesota, fit au mois de juillet 1880 une rapide exploration du bassin.

En 1881, le capitaine Glazier visita le lac Itasca et revendiqua le lac *Elk* comme une découverte nouvelle que ses compagnons baptisèrent lac *Glazier*, quoique ce lac eût été, bien avant 1881, visité par plusieurs autres explorateurs.

La première exploration complète du bassin fut faite en 1889 par l'honorable J.-V. Brower, sous la direction de la Société historique du Minnesota. Il dressa une carte entièrement digne de foi où il résuma des recherches détaillées avec le plus grand soin. Le rapport qu'il soumit à la Société historique est un document remarquable qui embrasse toute la série des explorations antérieures.

En 1899, l'auteur de la présente communication a visité la contrée et,

après avoir étudié avec soin les conditions générales du bassin, il a descendu le fleuve sur une longueur de 100 milles environ.

Au printemps de 1900, la Commission du Mississippi a fait une reconnaissance approfondie du bassin versant extrême, et elle en publiera prochainement une carte exacte.

L'État de Minnesota a mis de côté une réserve de 55 milles carrés à l'origine du bassin. On l'appelle *Itasca State Park*. Cette contrée est encore à l'état sauvage, la voie ferrée la plus proche en est distante d'environ 40 milles, et dans son voisinage on ne rencontre que peu de colons et aucune ville. On y trouve des forêts de pins immenses, où la cognée n'a pas encore pénétré. Le sol est en général pauvre, car il est formé surtout de galets et de graviers de la période glaciaire.

Perches, brochets et autres poissons abondent dans les lacs, et les forêts sont remplies de daims. On y trouve aussi des ours noirs, des loups, des porcs-épics et des bêtes à fourrures.

Cette description des conditions que le Mississippi rencontre à sa source est peut-être un peu longue ; mais il s'agit ici de l'un des plus grands fleuves du monde, dont l'origine est d'un intérêt exceptionnel.

La Commission du Mississippi est chargée, en sus de ses autres devoirs, de faire l'étude approfondie du fleuve depuis sa source jusqu'aux passes de l'embouchure dans le Golfe du Mexique. Cette étude comprend des observations astronomiques sur les latitudes, longitudes et azimuths, un système de triangulation de haute précision avec lignes de base mesurées avec soin, un nivellement de précision, une étude topographique détaillée de toutes les conditions naturelles et artificielles de la vallée sur une largeur d'environ un mille de chaque côté du fleuve, des levés hydrographiques consistant en profils en travers rapprochés avec une ligne de sondes le long du thalweg et comprenant la fixation de la hauteur de la surface d'eau à chaque profil en travers de manière à donner la pente générale et locale du fleuve.

Tout le long du fleuve on a établi, à des intervalles d'environ 5 milles, des marques permanentes servant de points initiaux et de points de repère pour des études ultérieures. Ces marques consistent en 4 bornes de briques ou de tuiles vitrifiées, placées sur une ligne perpendiculaire au fleuve à raison de deux sur chaque rive, distantes réciproquement d'environ un demi-mille.

Avant d'entreprendre un système de triangulation, il est essentiel d'établir d'abord une ligne de base exacte. Cette ligne peut être mesurée d'une manière économique et avec une grande précision au moyen d'un ruban d'acier d'une longueur de 500 pieds, pourvu que l'opération soit faite quand la température est sensiblement constante, comme par un temps couvert ou avant le lever du soleil. L'erreur commise dans des mesures de ce genre dépasse rarement 1 : 500 000. Ces lignes de base sont

mesurées à des intervalles d'environ 25 triangles et des observations d'azimuth sont faites à chaque base.

Comme le pays est plus ou moins boisé, il est nécessaire de construire des stations ou tours d'observation en charpente du haut desquelles il soit possible de mesurer les angles. Ces tours ont une hauteur variant de 20 à 90 pieds.

Les angles sont relevés avec soin à l'aide d'instruments de précision donnant les secondes au micromètre. L'erreur à la fermeture des triangles dépasse rarement 2 secondes d'arc.

A la fin de la saison de 1900, la triangulation et le nivellement de précision seront terminés depuis le Golfe du Mexique jusqu'à la source. La topographie et l'hydrographie sont déjà terminées jusqu'à Aitkin, Minn., c'est-à-dire jusqu'à environ 550 milles de la source.

La carte du fleuve est terminée complètement depuis le Golfe jusqu'à Saint-Paul, et des cartes lithographiées en ont été préparées pour l'usage du public.

Le lac Itasca a une longueur d'environ 3 milles un quart, une largeur de un demi-mille et une profondeur ne dépassant pas 50 pieds.

Premier bief.

Le fleuve quitte le lac Itasca à son extrémité Nord avec une largeur d'environ 50 pieds et une profondeur de 5 pieds, et il commence son cours de 2550 milles à une altitude d'environ 1560 pieds au-dessus du niveau de la mer.

La navigation commerciale s'étend jusqu'à 25 milles du lac Itasca et des milliers de blocs de bois de sciage sont flottés chaque été sur le fleuve.

Le fleuve coule d'abord vers le Nord pendant environ 60 milles et se dirige ensuite vers l'Est en passant par les lacs de Bemidji, Cass et Winnibegoshish ; puis il oblique davantage vers le Sud.

Dans cette partie se trouvent les grands réservoirs construits par le Gouvernement pour améliorer la navigation aux époques des basses eaux. Ces réservoirs peuvent emmagasiner environ 95 746 000 000 pieds cubes d'eau. Cette eau est écoulee pendant les basses eaux et elle augmente considérablement la profondeur du fleuve jusqu'au lac Pepin, situé à 500 milles environ en aval des réservoirs.

De sa source jusqu'à Aitkin, c'est-à-dire sur un parcours de 345 milles, le fleuve traverse en majeure partie des terrains marécageux et présente de grandes sinuosités. Le libre écoulement des eaux est interrompu, par places, par des rapides et des barrages de réservoirs. Les glaces et les neiges y règnent de novembre en avril.

Dans la section suivante, qui s'étend sur une longueur de 205 milles jusqu'au Minnesota, il existe plusieurs obstructions consistant en rapides,

en barrages de retenue d'usines hydrauliques et dans les chutes de Saint-Anthony.

Les industries manufacturières, soieries, minoteries, etc., y ont pris une telle extension que, près des chutes de Saint-Anthony, la presque totalité des eaux est détournée comme force motrice et qu'il n'est pas rare de voir ces chutes à peu près ou même entièrement à sec.

Le Minnesota se jette dans le fleuve à 205 milles en aval d'Aitkin, et ce confluent est actuellement la véritable tête de ligne de la navigation à vapeur, bien qu'une écluse et un barrage en construction doivent permettre aux vapeurs de remonter jusqu'à la ville de Minneapolis, près des chutes de Saint-Anthony. A la tête de ligne de la navigation, l'oscillation du plan d'eau atteint environ 19 pieds et demi, et le débit varie entre 1000 pieds cubes par seconde en basses eaux et 117500 pieds cubes par seconde en hautes eaux. Ces quantités d'eau sont fournies par de nombreux petits affluents, qui, combinés, forment ensemble un fleuve de grandes proportions.

Au confluent du Minnesota, l'altitude est d'environ 690 pieds au-dessus du niveau de la mer. En aval de ce point, la pente ou chute du fleuve est en moyenne de 1 pied et demi par mille et s'élève à 56 pour 100 de la chute totale, comprise entre la source à l'embouchure.

Deuxième bief.

Du Minnesota jusqu'au confluent du Missouri il y a une distance de 705 milles.

De nombreux affluents importants se jettent dans ce bief; les principaux sont : la rivière de Sainte-Croix, le Chippewa, le Wisconsin, le Iowa, la rivière des Moines et l'Illinois.

Le fleuve est traversé par un grand nombre de ponts, portant à la fois une voie ferrée et une voie carrossable, comme à Dubuque, Ia., où un pont de chemin de fer et un pont-route traversent le fleuve côte à côte.

Dans la partie supérieure de ce bief, le fleuve est divisé en nombreux bras bourbeux qui servent à l'écoulement aux époques de hautes eaux, mais dont la plupart sont à sec aux époques de basses eaux.

Les rives sont généralement basses et la différence entre les niveaux des hautes et basses eaux s'élève, à la partie inférieure du bief, à 26 pieds et demi, au maximum.

Le débit varie entre 20 000 pieds cubes, environ, par seconde aux plus basses eaux et 550 000 pieds cubes par seconde aux époques de hautes eaux.

L'altitude du niveau des basses eaux au-dessus de la mer s'élève, à la partie inférieure du bief, à 405 pieds, et la pente du bief entier est en moyenne d'un demi-pied par mille.

Le fleuve ne charrie que peu de matières en suspension et l'on est forcé de pomper les matières du fond du lit et de les déposer contre les digues de régularisation pour leur donner plus de résistance. Dans ce bief les rives sont relativement peu corrodées.

Sur un parcours de 21 milles, le fleuve traverse le lac Pepin, dont les eaux dormantes ont une profondeur de 50 pieds; à Rock Island et à Keokuk l'écoulement est interrompu par des rapides, où le lit du fleuve consiste en roches dures. Avant les travaux d'amélioration, la profondeur descendait souvent en ce point, au moment des basses eaux, jusqu'à 2 pieds et demi; actuellement elle tombe rarement au-dessous de 4 pieds dans les passages où les travaux d'amélioration touchent à leur fin. La navigation est interrompue l'hiver pendant une période de quatre mois ou plus, quand le fleuve est gelé. Les crues surviennent généralement en mai et en juin, et les basses eaux commencent vers le 1^{er} septembre pour continuer jusqu'au dégel, au printemps.

En général, l'amélioration de cette partie du fleuve est effectuée au moyen de travaux de régularisation combinés avec des dragages.

Aux rapides de Rock Island, les améliorations ont consisté en dérochements et dans la concentration des eaux au moyen de digues et d'épis. Les rapides de Keokuk ont été corrigés par le creusement d'un canal de 8 milles de longueur, muni de trois écluses ayant ensemble une chute de 18 pieds.

Troisième bief.

Le troisième bief s'étend du confluent du Missouri jusqu'au confluent de l'Ohio, c'est-à-dire sur un parcours d'environ 210 milles. Les eaux commencent à y être lourdement chargées de sédiments, et les digues perméables, qui ont été utilisées pour les travaux d'amélioration, y amènent promptement des dépôts immenses. Les rives y sont un peu plus hautes que dans les biefs précédents et on y constate des érosions plus prononcées.

L'écart maximum entre le niveau des hautes eaux et le niveau d'étiage est de 57 pieds à Saint-Louis, abstraction faite de la crue de 1844 où cet écart fut de 41 pieds. La pente des basses eaux est d'environ 0 pied 6 par mille et le débit d'eau varie entre 55 000 pieds cubes par seconde aux époques de basses eaux, et 850 000 pieds cubes par seconde au moment des hautes eaux. Les débordements ne sont pas fréquents et ne surviennent que lorsque les crues du Mississippi supérieur et du Missouri se produisent simultanément. Les hautes eaux surviennent généralement en mai et en juin, et la saison des basses eaux, qui commence en septembre, dure quelquefois jusqu'en hiver. Il y a de nombreuses barres de sable, et la profondeur d'eau n'est quelquefois que de quatre pieds aux endroits les moins profonds. Les eaux du fleuve corrodent, sur la majeure partie du bief, les promontoires rocheux de l'une ou l'autre rive, et à Grays Point, à 1100 milles

en amont de l'embouchure, elles traversent une gorge rocheuse sur une longueur d'environ 7 milles. En aval de cette gorge, les conditions normales du fleuve sont souvent troublées par les remous provenant de l'Ohio, qui provoquent des dépôts de sédiments causant de grands obstacles à la navigation et une érosion active des deux rives. Ce bief est quelquefois complètement gelé pendant un mois de l'hiver ou davantage, mais le plus souvent il reste ouvert à la navigation pendant toute l'année. Le bief tout entier possède beaucoup des caractéristiques particulières du Missouri.

Les principaux affluents qui se jettent dans ce bief sont le Missouri, le Meramec, l'Okaw et de grandes rivières vaseuses.

Le système d'amélioration adopté comporte des rétrécissements du chenal de basses eaux au moyen de clayonnages ou de digues perméables, la fermeture des faux bras, le revêtement des berges et des dragages hydrauliques. Ces travaux ont donné, là où ils ont été exécutés, les meilleurs résultats en ce qui concerne l'accroissement des profondeurs, et ils ont justifié l'opinion qu'une profondeur minimum de 7 pieds aux époques des plus basses eaux est largement suffisante pour la navigation.

La ville de Saint-Louis, métropole commerciale de la vallée du Mississippi, est située dans cette partie du fleuve. On y trouve l'un des plus grands ponts du monde, le pont Eads, dont les arches sont construites en tubes d'acier.

Quatrième bief.

Le quatrième bief s'étend du confluent de l'Ohio au confluent de la rivière Rouge sur un parcours d'environ 750 milles. Le premier affluent qu'on y rencontre est l'Ohio, renforcé par le Tennessee, le Cumberland et d'autres affluents secondaires, qui influent ensemble sur le régime du Mississippi inférieur.

Les autres affluents sont le Saint-Francis, le White, l'Arkansas et le Yazoo, qui apportent de temps en temps d'immenses quantités d'eau au fleuve principal.

L'influence du Missouri, constatée dans le troisième bief, ne se fait plus sentir, excepté en ce qui concerne les sédiments, car les grandes crues qui causent tant de dommages proviennent du bassin de l'Ohio. Le lit du fleuve consiste entièrement en sédiments que les eaux ont déposés et remaniés à maintes reprises.

En quelques endroits, le mouvement latéral du fleuve est tenu en échec par des promontoires, mais il coule surtout le long de la partie Est de la plaine d'alluvion.

Il corrode les promontoires en quinze endroits de la rive orientale et seulement en un point (Helena, Ark.) de la rive occidentale. Les érosions prennent de grandes proportions sur le tiers médian du parcours du bief. Une grande partie des rives d'alluvion de celui-ci cède facilement au pouvoir du

courant, et l'érosion porte en moyenne sur neuf acres par an et par mille de rivière.

Là où la sécurité d'une ville ou d'autres intérêts importants sont menacés par des érosions excessives, on a pris des mesures pour les arrêter. A cet effet, on a immergé des clayonnages de saule pour consolider les rives au-dessous des basses eaux. De la ligne des basses eaux jusqu'à leur couronnement, les berges ont été réglées hydrauliquement à l'inclinaison de 1 : 5 et revêtues ensuite d'un pavage en galets posés sur une couche de pierraille ou en pierres équarries. L'appareil de réglage est pourvu d'une pompe ayant un piston de 16 pouces de diamètre et une course de 24 pouces, et il fonctionne sous une pression d'environ 110 livres par pouce carré avec une ouverture de 1 pouce $\frac{5}{4}$. Les cylindres à vapeur ont des diamètres de 18 et de 54 pouces.

L'établissement d'un clayonnage immergé exige une série de chalands d'amarrage et de chalands à fascinages. Les chalands d'amarrage sont réunis bout à bout normalement au cours d'eau et retenus par plusieurs câbles métalliques fixés sur les rives. Le haut du clayonnage est fixé du côté aval de ces chalands à des dispositifs appropriés à son fonçage ultérieur, et il est assujéti en outre par environ huit câbles qui passent sous les chalands et vont directement à la rive où ils sont solidement fixés.

On emploie généralement deux chalands à fascinages placés bout à bout. On les dispose à l'aval des chalands d'amarrage, auxquels ils sont reliés par trois câbles de manière que les chalands puissent être descendus au fur et à mesure que le clayonnage est construit.

Le clayonnage, ou matelas, a une largeur de 250 à 500 pieds et se compose de fascines de saule d'un diamètre d'environ 1 pied. Le gros bout des saules a un diamètre de 1 à 4 pouces.

Ces fascines sont placées dans le clayonnage parallèlement à la berge. Elles sont préparées sur les chalands à fascinages et immergées successivement jusqu'à ce qu'on ait obtenu la longueur de matelas nécessaire.

Les différentes fascines sont liées ensemble par des fils métalliques de $\frac{1}{4}$ de pouce de diamètre, et ceux-ci sont fixés à leur tour à des câbles longitudinaux de $\frac{5}{16}$ de pouce de diamètre, et distants de 8 pieds les uns des autres sur toute la longueur du clayonnage.

En haut du matelas, des rangées longitudinales de pieux de saule sont placées à des intervalles d'environ 10 pieds et solidement fixées aux fascines par des fils métalliques. Ces pieux servent à consolider le clayonnage et à retenir le lest.

Un matelas complet peut avoir une longueur de 1000 pieds et même plus. Quand il est terminé, il flotte à la surface de l'eau parallèlement à la rive. Pour l'immerger, on leste d'abord tout le clayonnage avec des pierres jusqu'à ce qu'il flotte à peine. On amène alors des chalands porteurs

de pierres à la tête amont du matelas; cette dernière est chargée de pierres et on la fait couler à fond. Les chalands sont ensuite tirés en aval des chalands d'amarrage par de nombreux hommes, placés à bord, qui jettent les pierres sur le matelas, les chalands à pierres descendant le fleuve au fur et à mesure que le matelas s'enfonce.

Un matelas de 250 pieds de largeur et de 1000 pieds de longueur peut être immergé en une heure de temps. Un tel matelas assure la solidité de la rive au-dessous de la ligne de basses eaux.

Au-dessus de cette ligne, le talus doit être réglé et pavé de pierres ou d'autres matériaux. Le gros ouvrage du règlement est fait avec un appareil hydraulique et le surplus est exécuté à l'aide de pelles. Ce travail coûte environ 1 dol. 25 par pied courant, la largeur totale de la partie réglée étant d'environ 120 pieds.

Le réglage terminé, la berge est recouverte d'une couche de pavés d'environ 4 pouces d'épaisseur, sur laquelle on établit ensuite un pavage d'environ 1 pied d'épaisseur en pierres équarries pesant 10 à 40 livres.

Ce pavage exige environ 0,5 yard cube de pierres par yard carré de surface, et le prix de revient du pavage complet est d'environ 0 dol. 90 par yard carré.

Le clayonnage mis en place revient à environ 6 dol. 50 par 100 pieds carrés, ou environ 17 dollars par pied courant.

Le prix de revient de l'ouvrage supérieur est d'environ 10 dollars par pied courant, ce qui fait un total général d'environ 27 dollars par pied courant du revêtement complet.

On fait actuellement des expériences avec d'autres systèmes de pavage de rive en vue d'obtenir de meilleurs résultats et de réduire les dépenses.

Les pierres employées dans les biefs inférieurs du fleuve doivent être apportées de loin et reviennent ainsi fort cher.

Les bancs de gravier et de sable du fleuve fournissent sur place en abondance des matériaux qu'on mélange de ciment dans la proportion de 15 parties de gravier pour 1 de ciment pour fabriquer des pierres artificielles. Ce procédé a été suivi pour les ouvrages voisins des bancs de gravier et promet les meilleurs résultats. On essaie actuellement plusieurs méthodes d'emploi de ces pierres artificielles. Tantôt on prépare le béton sur un chaland placé à côté de l'ouvrage et on le coule uniformément sur le talus réglé, au-dessus de la ligne des basses eaux, en couche d'environ 6 pouces d'épaisseur. Tantôt on brise les pierres artificielles en morceaux, qu'on pose ensuite sur la berge comme des pierres ordinaires.

On emploie aussi le béton en plaques de 5 pieds carrés environ, qui se composent de deux couches de 2 et de 4 pouces assemblées à plat, dans lesquelles est fixée une bande de fer n° 10, mesurant environ 6 × 12 pouces, pour garantir les plaques de béton contre les crevasses et les ruptures.

La brique est souvent employée de la même manière, mais par pièces

d'environ 10 pieds carrés. On pose une couche de briques à plat sur le fond, puis on étend par-dessus la bande de fer de 6×12 pouces. On coule ensuite une mince couche de ciment, sur laquelle on pose une seconde couche de briques. Les deux couches et la bande de fer sont ainsi solidement réunies ensemble. L'emploi de briques comme lest pour remblayer la pierre, n'est admis que pour des raisons d'économie.

On omet quelquefois la seconde couche de briques en réunissant les briques entre elles par la bande de fer et par des chapes de ciment.

Telles sont quelques-unes des expériences qu'on fait dans l'espoir d'obtenir enfin une solution satisfaisante du problème de la consolidation des berges.

Par endroits le fleuve devient excessivement large, mordant d'abord sur une berge, puis ensuite sur l'autre, comme près de Point Pleasant, Mo. ; d'autre part, il devient excessivement sinueux par les érosions continuelles de la rive concave. L'exemple le plus frappant de ce fait se trouve entre la ville d'Arkansas et Greenville, qui sont distantes à vol d'oiseau d'environ 15 milles, tandis que leur distance par eau s'élève à 40 milles.

La largeur du fleuve atteint son maximum dans le quatrième bief, où par endroits la ligne des hautes eaux a une largeur de 2 milles. Les berges se trouvent à 50 à 45 pieds au-dessus des basses eaux. Les débordements sont fréquents, excepté là où les eaux sont retenues par des digues. Les barres de sable sont très étendues et des îles et îlots boisés se remarquent en grand nombre.

Beaucoup de bois flottants sont emportés par le fleuve pendant les crues. Ils s'accumulent contre les digues, arrêtent les sables et forment ainsi une barrière puissante et durable contre l'écoulement des eaux.

La plus grande partie de ces bois provient de l'érosion des rives. Les arbres sont affouillés par les eaux et tombent dans le fleuve avec des tonnes de terre adhérent à leurs racines. Cette charge les fait s'enfoncer dans l'eau et ils deviennent, aux époques de basses eaux, de sérieux obstacles pour la navigation sous forme de troncs (*snags*), qui font fréquemment échouer les bateaux les mieux conditionnés. Pour supprimer ces obstacles, le gouvernement a fait construire des bateaux spéciaux, appelés *snag-boats*, qui parcourent le fleuve et enlèvent les troncs qu'ils rencontrent, et qui éloignent aussi les bois qui se trouvent auprès des endroits affouillés, afin de prévenir la formation des *snags*.

Il y a environ 40 bancs ou hauts-fonds dans ce bief. Comme la profondeur sur quelques-uns d'entre eux tombe parfois à 5 pieds, ils peuvent devenir des obstacles pour la navigation. Cependant les 95 centièmes de la longueur du bief ont une profondeur d'eau suffisante pour répondre à toutes les exigences du trafic, beaucoup de coudes ont une profondeur de plus de 100 pieds. Il arrive rarement, si cela arrive jamais, que tous les bancs mentionnés ci-dessus manquent de profondeur à la fois ou même au cours d'une même saison.

Tous les trois ou quatre ans, il y a des débâcles de glaces dans cette partie du fleuve, mais elles causent rarement l'arrêt de la navigation.

La saison des basses eaux comprend une période d'environ 4 mois, en automne. Il arrive pendant ce temps que la navigation soit interrompue faute de profondeur, mais il se passe quelquefois des années sans que le fait se produise. Les crues surviennent généralement en hiver ou au commencement du printemps. La différence extrême entre les basses et les hautes eaux est d'environ 55 pieds, et le débit varie entre 65 000 pieds cubes par seconde au moment des basses eaux et 2 000 000 pieds cubes par seconde pendant les crues.

Les crues dommageables pénètrent dans le bassin d'alluvion par la partie supérieure de ce bief et en balayent toute la longueur, augmentant de force au fur et à mesure qu'elles avancent et causant des inondations qui durent quelquefois près de trois mois.

Pour contenir ces crues, on a commencé à construire des digues sur la rive droite, depuis Point Pleasant, Mo., jusqu'à Walnut Bend; de Helena jusqu'àuprès du confluent de la rivière Blanche, et d'au-dessus de la ville d'Arkansas jusqu'à Bougère, à 50 milles en amont du confluent de la rivière Rouge, soit en tout sur une longueur de 490 milles environ. Sur la rive gauche, la digue commence à la pointe du lac Horn en aval de Memphis, et s'étend jusqu'au lac Eagle en amont de Vicksborg, sur une longueur totale de 518 milles.

Les petits espaces qui se trouvent entre les promontoires escarpés et le fleuve, n'ont pas encore été endigués à cause des difficultés d'assèchement et des dépenses, qui dépasseraient la valeur des terrains protégés.

Quelques-unes des digues en travers des terrains bas atteignent par endroits une hauteur de 30 pieds, et même plus. Partout où la digue a une hauteur de plus de 12 pieds, elle est renforcée par une banquette établie à 8 pieds au-dessous du couronnement, et l'inclinaison du talus est de 4 : 1 environ.

Un des agents qui contribuent beaucoup à la corrosion des digues par les eaux est la vague soulevée par le vent et les vapeurs qui passent.

Cette vague attaque la digue quand l'eau en touche la base, et elle continue avec la hausse des eaux; il n'est pas rare qu'une rupture de la digue en soit la conséquence.

Quand les eaux menacent le couronnement de la digue, il devient souvent nécessaire de le consolider par des sacs de terre. Dans de telles conditions, les digues sont surveillées avec soin et des ouvriers sont toujours prêts à accourir à la première alarme.

Mais malgré la plus grande vigilance, des ruptures surviennent parfois; la seule chose à faire est alors de maintenir les extrémités rompues pour sauver la plus grande partie possible de la digue. On y parvient au moyen

de sacs remplis de terre, attachés à une ligne et formant une longue rangée qui couvre l'extrémité exposée et le derrière de la digue. On étend successivement plusieurs lignes semblables dans l'eau par-dessus les extrémités rompues, et on réussit ainsi à empêcher l'élargissement d'une crevasse ou d'une brèche.

Les ruptures de digues surviennent généralement après que les eaux sont restées à une grande hauteur le long de la digue pendant un certain temps.

Les digues sont alors saturées et les crevasses ou autres défauts se transforment en dangereuses voies d'eau qui occasionnent finalement un affaissement partiel de la digue.

L'ouverture s'élargit rapidement, et bientôt les terrains voisins sont inondés, les maisons submergées et hommes et bestiaux sont forcés de chercher un refuge sur une digue voisine et d'y séjourner temporairement, quelquefois plusieurs semaines, jusqu'à ce que les eaux se retirent. On répare alors, aussi vite que possible, les dommages causés aux maisons et aux clôtures, et on reprend les travaux des champs.

Les érosions des berges, qui emportent à la fin la ligne des digues correspondantes, sont un des grands obstacles à la conservation d'un système d'endigements.

La destruction d'une digue entraîne non seulement la construction fort onéreuse d'une autre digue en arrière de la première, mais encore l'abandon de beaucoup de terrains de valeur qui doivent nécessairement être laissés à la merci des flots.

Les crevasses ruinent souvent les plantations situées dans leur voisinage immédiat. Les eaux creusent dans la direction des crevasses de grands trous atteignant même une profondeur de plusieurs pieds, pendant que des blocs de bois, des arbres et du sable sont apportés sur de grandes étendues de terres cultivées. Cela détruit non seulement les récoltes existantes mais ruine même le sol.

L'altitude de la partie supérieure du quatrième bief est, aux époques des basses eaux, d'environ 270 pieds, tandis qu'à la partie inférieure elle n'est que d'environ 2 pieds au-dessus du niveau de la mer. La pente des basses eaux est en moyenne de 0 pied 35 par mille.

À la partie supérieure de ce bief, le problème de la régularisation et du contrôle se divise en deux parties distinctes, savoir : amélioration de la navigation aux époques des basses eaux et surveillance des crues pour prévenir les débordements et par conséquent la destruction d'environ 30 000 milles carrés de riches terrains d'alluvion.

Les crues ne peuvent être contenues que par un système de digues solides comme on en construit maintenant.

Les exigences du trafic demandent une profondeur d'eau de 8 pieds au moins pendant les basses eaux, et cette profondeur peut être obtenue et

même dépassée par des travaux appropriés de régularisation aux endroits trop larges du fleuve, par la fermeture des faux bras, par le revêtement des berges et par l'emploi judicieux de puissantes dragues hydrauliques.

Jusqu'ici les dragages ont été limités au chenal de ce bief; cependant on en a fait aussi quelque usage dans le deuxième et le troisième bief.

Les dragages ont été commencés en 1892 et les premiers essais ont déterminé le type de la drague à employer pour obtenir les résultats cherchés.

Cette drague se compose d'une double pompe centrifuge de grandes dimensions, dont l'organe de succion est pourvu d'agitateurs mécaniques ou d'un système d'injection d'eau pour désagréger les matériaux dragués qui circulent alors librement dans la pompe, et d'un tuyau de décharge mobile de longueur suffisante pour transporter les produits dragués loin du chenal en eau profonde ou sur les bancs de sable voisins.

En outre, la drague doit être pourvue de treuils de levage et de halage appropriés, afin de pouvoir déplacer l'élinde suceuse et la drague elle-même le long de la ligne à débayer. Elle doit avoir des chaudières assez puissantes pour actionner tous les appareils mécaniques.

Toutes les dragues de la Commission du Mississipi appartiennent, en ce qui concerne l'appareil de dragage, à ce type général.

Trois dragues sont en outre projetées avec des appareils de propulsion.

La drague-type est mue au moyen de câbles de halage, longs de 1000 pieds et fixés à des pieux métalliques enfoncés dans le sable sur la ligne à draguer.

Il y a sur la drague un atelier de réparations avec les outils indispensables pour les travaux courants.

Une cabine qui recouvre la machinerie sert de logement à l'équipage.

La plus grande des dragues actuellement en service est la *Beta*, construite en 1896. L'élinde suceuse était d'abord pourvue de lames rotatives (*cutters*) destinées à désagréger les matériaux, afin qu'ils pussent circuler librement dans la pompe. Pendant les essais officiels, cette drague a donné en moyenne un rendement de 4550 yards cubes par heure.

Par suite du grand tirant d'eau de la drague on jugea nécessaire d'y apporter de nombreuses modifications qui furent terminées en 1898. Sauf ce qui concerne son tirant d'eau, cette drague a donné un très bon rendement.

La drague modifiée a une coque en fer de 214 pieds de longueur, de 58 pieds de largeur et de 6 pieds 10 pouces de profondeur. La cabine qu'elle porte a une longueur de 168 pieds et, en différents points, des largeurs de 52, 59 et 46 pieds. Il y a deux systèmes complets d'appareils de pompage. Les pompes à sable sont du système à double succion centrifuge et à décharge supérieure. Les organes rotatifs des pompes ont un diamètre de 7 pieds; les tiges des pompes sont reliées directement aux arbres des machines, qui sont verticales, à triple expansion et à condensation, avec

des cylindres de 20 1/2, 33, 36 et 38 pouces de diamètre et de 24 pouces de course de piston. Chaque machine a en moyenne une puissance de 925 chevaux indiqués à la vitesse de 140 tours par minute.

Dans les conditions ordinaires de travail, le rendement moyen de chaque pompe est d'environ 1600 yards cubes de sable par heure.

La vapeur est fournie par quatre chaudières à tubes d'eau du système Heine, de 375 chevaux chacune.

Le sable est désagrégé à la tête de l'appareil de succion par des jets d'eau injectés à travers 18 ouvertures de 1 pouce de diamètre; l'eau y arrive avec une pression de 40 à 100 livres suivant la nature des matériaux à draguer.

Les pompes d'injection sont des pompes duplex, à triple expansion, à condensation, avec des cylindres de 8, 14 1/2 et 24 pouces de diamètre et deux pistons plongeurs de 16 pouces de diamètre et de 15 pouces de course.

La largeur en tête de l'appareil de succion est d'environ 37 pieds.

Les tuyaux de décharge sont en tôle d'acier; ils ont un diamètre de 33 pouces et leurs éléments ont des longueurs de 50 et de 100 pieds; ces éléments sont reliés ensemble par des manchons de caoutchouc. A chaque pompe correspond une ligne complète de tuyaux.

La drague est manœuvrée au moyen de câbles fixés à des pieux métalliques.

Un autre type de pompe qui est employé avec des machines horizontales, est une pompe centrifuge de 34 pouces, munie d'une turbine de 69 pouces de diamètre, à décharge inférieure.

Les machines horizontales sont du système compound à condensation, avec des cylindres de 18 et de 32 1/2 pouces de diamètre et de 22 pouces de course de piston; une machine est couplée à chaque extrémité de l'arbre de la pompe.

Ces machines marchent à une vitesse de 160 tours par minute et elles ont une puissance de 475 chevaux indiqués.

Le rendement de la pompe est de 800 yards cubes de sable par heure.

Toutes les dragues, à l'exception d'une seule, ont des coques en acier.

Le type général des dragues dépourvues d'appareils propulseurs est celui de la drague *Epsilon*.

La drague *Delta* est la seule de la flotte qui soit munie d'agitateurs mécaniques. Sa pompe diffère de celle des autres dragues; ses lames sont carrées et ses parois sont droites, pouvant être remplacées facilement par des chemises en acier comprimé.

La forme générale de cette pompe pourvue de deux appareils de succion est considérée comme la meilleure pour les travaux à exécuter sur le Mississipi.

La drague *Delta* a des machines compound verticales à condensation du

type marine, avec des cylindres de 22 et de 48 pouces de diamètre et de 29 pouces de course de piston. A la vitesse de 150 tours, elles développent une puissance moyenne de 1000 chevaux indiqués. La drague a un rendement d'environ 1200 yards cubes de sable par heure.

Les couteaux mécaniques montés sur un arbre horizontal constituent le caractère particulier de cette drague. L'arbre est actionné par deux chaînes à empreintes mises en mouvement par une machine spéciale.

Le dernier type de drague, dont un exemplaire est déjà terminé et dont deux autres sont en construction, est pourvu de machines propulsives, afin de pouvoir se déplacer à volonté.

Sous tous les autres rapports, elles ressemblent beaucoup aux dragues dépourvues d'appareils de propulsion.

Les tuyaux de décharge cependant seront supportés au-dessus de l'eau par des pontons spéciaux au lieu d'être établis dans les pontons eux-mêmes.

La coque sera en acier et les tôles auront, en général, une épaisseur de $\frac{3}{8}$ de pouce environ.

Dimensions générales de la drague automotrice :

Longueur de la coque.	192 pieds.
Largeur.	44 —
Creux	7 —
Tirant d'eau en travail.	4 —
Chaudières, 44" \times 30'.	7 —
Carneaux, 11"	4 —
Tandem Compound.	
Courses.	16, 26 et 20 pouces.
Succion et décharge.	32 pouces.
Machines propulsives	{ diamètre. 22 pouces. course. 7 pieds.

Ainsi qu'il a été déjà dit, les obstacles à la navigation sont limités à quelques barres de sable qui constituent des hauts-fonds pendant une période d'environ trois ou quatre mois de l'année.

Ces barres de sable se trouvent généralement entre deux sections de grande profondeur et forment les seuils transversaux que les vapeurs ont à franchir pour passer de la fosse profonde existant dans une concavité sur une rive à la fosse profonde qui longe la rive opposée.

Le premier effet d'une crue et de l'augmentation de vitesse qu'elle occasionne est d'affouiller le lit et les rives et d'ajouter les matières entraînées à celles que le fleuve porte déjà en suspension. Cette action se continue jusqu'à ce que la crue ait atteint son maximum et que les eaux commencent

cent à baisser. La charge est alors trop lourde pour la vitesse décroissante des eaux et elle s'allège par des dépôts sur les seuils transversaux ; il se forme ainsi des obstructions qui peuvent entraver sérieusement la navigation.

Quand le niveau des eaux est bas, ces barres jouent le rôle de digues tendant à retenir l'eau dans les fosses profondes. La pente des passages transversaux et la vitesse du courant sont alors augmentées. Les crêtes des barres sont abaissées en conséquence, et si l'affouillement est limité à un seul chenal, il se produit généralement à temps une bonne profondeur navigable. Mais quand la barre est large et plate, il peut se former plusieurs chenaux, dont aucun ne répondra aux besoins de la navigation. Il faut alors recourir aux endiguements ou aux dragages, et peut-être aux deux à la fois.

La drague est placée sur le côté aval du passage transversal, et une tranchée est faite parallèlement au fil naturel du courant, de la fosse inférieure à la fosse supérieure. Aussitôt que la tranchée est amorcée à travers le sommet de la barre, les eaux y sont concentrées dans une certaine mesure et tendent, en général, à produire un effet d'érosion qui donne bientôt un bon chenal.

Ces chenaux subsistent généralement pendant la saison des basses eaux, s'il ne survient pas de changement considérable dans l'état du fleuve.

Le rendement des dragues actuellement en service est d'environ 1000 yards cubes de sable par heure pour chaque pompe. On a fait des essais de rendement avec plusieurs dragues en déversant les matériaux dans un grand chaland dans des conditions normales de travail.

Ce chaland est fixé à l'extrémité du tuyau de décharge et un clapet à mouvement rapide permet de diriger le courant dans le chaland ou dans le fleuve. L'intervalle de temps correspondant peut être déterminé exactement, et en mesurant la quantité des matériaux déversés dans le chaland, on peut facilement déterminer la quantité draguée par unité de temps.

Quand le clapet a été fermé et que l'eau est redevenue calme dans le chaland, on mesure la hauteur de l'eau, qu'on retire ensuite en laissant le sable sur le fond. On mesure avec soin l'épaisseur du sable à des intervalles réguliers et, d'après ces mesures, on en calcule le volume. D'après le volume et l'intervalle de temps durant lequel on a laissé le clapet ouvert, on peut déterminer la vitesse et le volume, par unité de temps et par unité de force, indiqués par des diagrammes établis au cours de l'expérience.

Il existe un grand nombre de villes importantes près du bief dont nous venons de parler ; ce sont : Columbus, Hickman, New-Madrid, Memphis, Helena, Arkansas, Greenville, Lake Providence, Vicksburg et Natchez.

Un seul pont traverse le fleuve en aval de Saint-Louis ; il a des arches de 710 pieds disposées de sorte que les plus grands vapeurs peuvent passer aisément et en toute sécurité au-dessous de lui. Toutefois les grands convois

de grain et de charbon éprouvent des difficultés à franchir ces immenses arches quand le vent et le courant leur sont défavorables.

Des grains sont transportés en vrac de Saint-Louis à la mer dans des chalands remorqués par de puissants vapeurs. Ceux-ci trainent quelquefois jusqu'à 11 000 tonnes de grains et autres marchandises dans 7 ou 8 chalands réunis en convois.

Le voyage de Saint-Louis à la Nouvelle-Orléans (1150 milles) est effectué en six jours et demi environ.

Les convois de charbon de l'Ohio font le trajet de Louisville à la Nouvelle-Orléans (environ 1550 milles) en quinze à dix-sept jours. Ces convois se composent de 42 bateaux portant environ 1 200 000 « bushels » ou 48 000 tonnes de charbon.

Le prix de transport actuel s'élève à environ 10 centimes par tonne.

Cinquième bief.

Le cinquième bief s'étend du confluent de la rivière Rouge au golfe du Mexique et a une longueur de 510 milles.

Dans cette partie du fleuve, le chenal est étroit, sa largeur est d'environ 1/2 mille et sa profondeur dépasse quelquefois 200 pieds. Les affouillements des berges sont insignifiants en comparaison de ceux du quatrième bief; les barres de sable constituant des obstacles à la navigation sont presque inconnus et l'on n'a pas à recourir à des endiguements ni à des dragages. La nature a créé ici un chenal idéal qui offre à toute époque des profondeurs suffisantes pour les plus grands navires. Sur presque tout le parcours, les eaux sont concentrées en un seul chenal qui va jusqu'à l'extrémité des passes, et il n'y a, dans tout le bief, que deux îles, Profit et Bayou Goula.

Comme le niveau d'étiage de la partie supérieure du bief se trouve à moins de 5 pieds au-dessus du niveau moyen du golfe, il arrive souvent que l'influence de la marée se fait sentir sur toute la longueur du bief.

La rivière Rouge est le seul affluent du cinquième bief qui augmente le débit du fleuve principal.

Il existe plusieurs bouches par lesquelles les eaux du fleuve peuvent s'écouler dans le golfe du Mexique. Plusieurs ont été fermées par des levées, comme Manchar et Plaquemine Bayous. L'Atchafalaya, La Fourche, le Collet, le Jump et les Cubitts sont encore libres, mais ces bouches se se comblent peu à peu par l'effet des dépôts de sédiments.

A l'extrémité du bief se trouve l'Atchafalaya qui forme la première issue vers la mer offerte aux eaux provenant du bassin versant du Mississipi. Toutes les eaux qui s'échappent en amont par-dessus les bancs de sable doivent retourner dans le courant principal pour grossir le volume s'écoulant déjà dans le chenal.

Les digues sont ici construites immédiatement sur les berges, et les énormes volumes d'eau provenant d'un bassin de 1800 milles de largeur doivent passer entre les berges naturelles et les digues artificielles qui les surmontent et dont l'écartement n'est que d'un demi mille environ. Les digues de la rive droite s'étendent sur une longueur de 287 milles 2 depuis l'Atchafalaya jusqu'au Jump, en aval de Fort Jackson.

Baton Rouge, capitale de l'État de la Louisiane, est situé à l'extrémité de la ligne des collines, sur la rive gauche; à l'exception de la partie qui joint immédiatement le fleuve, la ville est à l'abri des inondations.

La digue de cette rive commence près des collines et s'étend jusqu'à Fort Saint-Phillip, sur une longueur de 207 milles.

Près de Plaquemine, sur la rive droite, à environ 200 milles en amont de la tête des Passes, on construit actuellement une écluse pour permettre aux vapeurs d'entrer dans les eaux de l'Atchafalaya et de la rivière Rouge, sans avoir besoin de remonter jusqu'au confluent de cette dernière rivière.

Les dimensions de cette écluse sont les suivantes :

Largeur	55 pieds.
Longueur	265 —
Hauteur des portes.	51 —

Non loin, en aval de la rivière Rouge, commence le district du sucre, dont on aperçoit les immenses plantations et les grands moulins sur les deux rives du fleuve. Les habitations des planteurs sont situées derrière les digues; et près du fleuve, derrière des bosquets de chênes couverts de mousse, s'étendent les longues rangées des cabanes des nègres.

Le plus important des ports du Golfe est la Nouvelle-Orléans. Il est situé sur la rive gauche du Mississipi à 110 milles du Golfe du Mexique. Des navires de toutes nationalités fréquentent ce port, et ses quais, d'une longueur de 15 milles, sont couverts de marchandises de toutes sortes. Les grains et les cotons forment les principaux articles d'exportation de la Nouvelle-Orléans.

L'oscillation extrême des eaux constatée jusqu'ici à la Nouvelle-Orléans est de 20,7 pieds d'amplitude.

A la tête des passes, le fleuve se divise en trois bras principaux : la passe Sud-Ouest, la passe Sud et la passe à Loutre. La passe Sud a été améliorée au moyen de digues; elle est actuellement la seule passe maritime navigable du fleuve pour les navires allant au port de la Nouvelle-Orléans. La profondeur y est de 26 pieds, tandis que les autres passes n'ont que 11 pieds sur la barre.

Les digues furent d'abord construites à 1000 pieds l'une de l'autre et elles s'étendaient au delà de la barre jusque dans les eaux profondes du Golfe, sur une longueur d'environ 11 900 pieds. On construisit ensuite un second système de digues, situées en dedans des premières à 800 pieds

l'une de l'autre, et on réduisit encore cet intervalle à 600 pieds au moyen d'épis.

Une partie des anciennes digues fut surmontée d'un parapet en béton, long d'environ 5455 pieds, haut de 5 1/2 à 7 1/2 pieds et ayant une base de 4 à 12 pieds de largeur.

La pointe extrême de la digue Est porte une balise lumineuse pour guider les navires. Non loin de là est mouillé un feu flottant muni d'un signal de brume et de tout l'outillage nécessaire.

Vu l'extraordinaire augmentation des dimensions et du tirant d'eau des navires, la passe Sud est maintenant beaucoup trop petite pour répondre aux besoins du trafic. Ceux-ci exigeront bientôt l'amélioration de la passe Sud-Ouest qui a deux fois la largeur et cinq fois la capacité de la passe Sud. On pourra certainement y obtenir une profondeur de 35 pieds et cette profondeur suffira pour tous les navires susceptibles d'entrer dans les principaux ports américains de l'Océan Atlantique ou étrangers tels qu'ils existent aujourd'hui.

Le court aperçu résumé ci-dessus sur les conditions physiques du fleuve et sur quelques-uns des travaux qui y ont été exécutés, donnera une idée générale de la grandeur et de l'importance du problème de la régularisation et du contrôle du Mississipi. Le sujet est bien trop vaste pour être traité dans le cadre restreint d'une simple communication.

Néanmoins, nous avons retracé le cours du fleuve, depuis sa source au milieu des collines couvertes de pins du Nord du Minnesota où les longs hivers atteignent presque le froid des régions polaires, à travers les différents climats qui sont ceux de dix grands États, jusqu'aux basses terres semi-tropicales du Sud de la Louisiane où le parfum des orangers en fleur caresse ses ondes, avant qu'elles aillent se perdre enfin dans le Golfe du Mexique.

Nous avons parcouru ainsi une longueur égale à la distance de Paris à la frontière de Sibérie; nous avons traversé une contrée qui, pour la fertilité du sol et les ressources naturelles en bois, charbons et minerais de toutes espèces, n'a pas d'égale sur toute la surface du globe terrestre; nous avons mentionné l'immense surface du bassin versant et le débit énorme des eaux; nous avons noté les dimensions considérables des cargaisons de grains, de charbons et de bois qui descendent, sur la vaste surface du fleuve, du fond d'un grand continent jusqu'à la mer; et en résumant tous ces facteurs, nous comprenons l'immensité et l'importance de ce grand fleuve et nous n'hésitons pas à le proclamer le « Père des eaux ».

(Flaissière, traducteur-juré, Paris).