

95

Delta du Conkin

Mémoire sur l'aménagement des
eaux du fleuve Rouge en vue de
l'agriculture et de la navigation

par Godart

Ing^r en chef de T^{te} de Ch^{ie}

Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien
EPHE VI^e Section
ASE 1857
BIBLIOTHÈQUE

Table des matières

Du mémoire.

Introduction.

§ 1 = Orographie et hydrographie

- 1 - Description géographique sommaire des Diverses régions du Delta.
- 2 - Régime des côtes du Tonkin
- 3 - Régime des cours d'eau du Tonkin: Fleuve Rouge cours d'eau formant le Chai-Binh (Song-Cau, Song-Chuong, Loch-Nam); arroyes du Delta
- 4 - Orographie du Delta; digues du Delta
- 5 - Vue générale du Delta.

§ 2 = Météorologie du Delta.

- 6 - Température
- 7 - Etat hygrométrique
- 8 - Pression barométrique
- 9 - Pluies
- 10 - Vents
- 11 - Evaporation

§ 3 Géologie du Tonkin.

- 12 Constitution du sol du Delta
- 13 Eau du fleuve Rouge
- 14 Limon du fleuve Rouge

§ 4 L'Agriculture dans le Delta du Tonkin

- 15 Caractère primitif de l'Agriculture Annamite
- 16 Instruments employés pour les irrigations par les Annamites
- 17 Culture du riz
- 18 Cultures autres que le riz

§ 5 = Améliorations agricoles à réaliser
en modifiant le régime des eaux

- 19 — Statistique des inondations, sécheresses, etc
de 1808 à 1896
- 20 — Inondations causées par les crues des fleuves (la
saison des crues est en été)
- 21 — Inondations par défaut d'écoulement des eaux
de pluie (saison des pluies, en été)
- 22 — Sécheresses par suite de la non production des
pluies en été
- 23 — Irrigations d'hiver à créer (l'hiver est la saison
sèche)
- 24 — Évaluation de la production actuelle du riz et des
augmentations qui résulteraient de travaux d'hydraulique
agricole appropriés.

Chapitre I
Travaux contre les inondations
causées par les crues des fleuves

§ 1 Suppression des digues

- 25 — Erreurs des personnes qui demandent la suppression
des digues.
- 26 — Suppression partielle des digues
- 27 — Remarques sur les idées justes des partisans de
la suppression des digues.

§ 2 = Amélioration des digues

- 28 — Défectuosité du réseau des digues du Tonkin
- 29 — Améliorations à apporter au réseau des digues du
Tonkin.

Travaux complémentaires

- 30 — Vue générale de M. Camoy sur les travaux contre
les inondations
- 31 — Examen des différentes solutions proposées
pour remédier de suite aux défectuosités des digues actuelles.
1. — Réservoirs dans la région montagneuse.

- 32 2° — Suppression des digues dans le haut Delta
 33 3° — Déversoirs dans le Delta
 34 4° — Ouverture de canaux de décharge
 35 — Résumé et conclusions
-

Chapitre II

Travaux pour corriger les irrégularités du régime des pluies en été: irrigations en cas de sécheresse, travaux d'assèchement en cas d'excès de pluie

36 — Utilité des travaux d'assèchement et des travaux d'irrigation en été

§ 1 = Travaux d'assèchement en vue de l'écoulement du surplus des eaux pluviales. (37)

§ 2 = Travaux d'irrigation d'été

38 — Quantités d'eau à fournir et à quelles époques

39 — Système de prise d'eau proposé (prise d'eau par siphons aspirants)

40 — Examen sommaire des diverses régions à irriguer dans le Delta; emplacement des prises d'eau (siphons) à établir.

41 — Canaux d'irrigation. Esquisse d'un réseau de canaux d'irrigation dans la province d'Haïné; nécessité d'un nivellement général du Delta et d'études préalables du terrain

42 — Utilisation des canaux d'irrigation pour la navigation.

43 — Utilisation immédiate des prises d'eau avant même toute exécution de canaux d'irrigation

Chapitre III

Irrigations d'hiver

44 — Utilité des irrigations d'hiver

45 — Quantité d'eau à fournir et à quelles époques

46 — Solutions diverses

§ 1 — Construction d'un grand barrage au sommet du Delta.

- 47— Exemples tirés des travaux exécutés par sir Arthur Cotton dans le delta du Godavery.
- 48— Travaux à exécuter au sommet du Delta pour barrer à Patan, à Phung et à Shulo respectivement le fleuve Rouge, le Day et le Song-Calo
- 49— Ouvrages à établir à Patan : barrage fixe, barrage mobile, écluse à sas de navigation, prise d'eau et ouvrages complémentaires
- 50— Ouvrages à établir à Phung et à Shulo
- 51— Siphon à établir sous le canal des Rapides
- 52— Emplacement et importance des diverses prises d'eau
- 53— Canaux d'irrigation.
- 54— Travaux d'évacuation des eaux.
- 55— Irrigations à l'amont du barrage

§ 2 — 2^e Solution — Etablissement en divers points du Delta d'usines élévatoires hydrauliques

- 56 — Exemples tirés de l'Égypte.
- 57 — La présence de forêts et de mines de charbon au Tonkin est un argument en faveur de cette solution.
- 58 — Emplacement des usines et de leur puissance.

§ 3 — Supériorité de la solution par barrage au point de vue de la navigation.

- 59 — Solution à adopter dans le Delta pour l'amélioration de la navigation intérieure.

§ 4 — Aperçu sur les dispositions à adopter pour les canaux et ouvrages d'art à établir dans le Delta dans l'hypothèse de la construction d'un grand barrage au sommet du Delta.

Chapitre IV

Conditions d'exécution des travaux publics au Tonkin

- 60 — Régime de la propriété.
- 61 — Expropriation pour cause d'utilité publique.
- 62 — Législation annamite sur les travaux publics.

- 63 — Régime légale des eaux
64 — Impôt des corvées.
65 — Importance de l'impôt des corvées
66 — Contrôle de l'emploi des corvées; institution de la
commission Supérieure des digues.
67 — Attributions à donner à la commission supé-
rieure des digues
68 — Créations ultérieures de Commissions provinciales
-

Chapitre V

Comparaison des deux solutions au point
de vue de la dépense. - Choix définitif à
faire de la solution du grand barrage

- 69 — Main d'œuvre, matériaux, entrepreneurs
70 — Comparaison des deux solutions au point de
vue des dépenses.
71 — Choix définitif à faire de la solution du grand
barrage.
-

Table des planches

- 1—Carte du Tonkin au $\frac{1}{1400.000}$
 - 2—Carte du Delta du Tonkin au $\frac{1}{500.000}$.
 - 3—Carte du Delta, partie comprise entre le Day et le fleuve Rouge au $\frac{1}{200.000}$
 - 4—Carte du Delta, partie comprise entre le fleuve Rouge et le Choi-Binh au $\frac{1}{200.000}$.
 - 5—Carte du Delta, rive droite du Day au $\frac{1}{200.000}$
 - 6—Carte du Delta, partie à l'Est du Choi-Binh au $\frac{1}{200.000}$
 - 7—Courbes des marées à Haiphong
 - 8—Diagrammes des hauteurs d'eau en 1894 du fleuve Rouge, de la Rivière Noire et de la Rivière Claire en divers points
 - 9—Sondages du fleuve Rouge près de Hanoi
 - 10—Profil en travers et courbes des débits du fleuve Rouge au droit de Hanoi
 - 11—Profils en travers du fleuve Rouge en divers points
 - 12—Diagramme des hauteurs de pluie à Hanoi en 1894
 - 13—Sondages à grandes profondeurs à Hanoi et à Haiphong
 - 14—Grande prise d'eau à établir à Lalan; batteries de 6 siphons aspirants de 1^m30.
 - 15—Emplacement des diverses parties du grand barrage à établir au sommet du Delta.
 - 16—Plan et élévation de la partie principale du grand barrage à Lalan sur le fleuve Rouge
 - 17—Coupe de la partie fixe du barrage de Lalan
-

R.
Protectorat
de
l'Annam et du Tonkin
Direction
des
Travaux Publics
Service
des
Eaux et de la Navigation

République Française
Liberté. Égalité. Fraternité.

Delta du Tonkin

Aménagement des eaux du Fleuve
Rouge en vue de l'agriculture
et de la Navigation

Projet d'irrigation
Rapport

Production comparée
du riz en Cochinchine
et au Tonkin

Le Delta du Tonkin, d'une superficie d'un million d'hectares et d'une population de dix millions d'habitants, est la partie la plus riche et la seule peuplée du Tonkin.

Comme en Cochinchine, la principale culture qu'on y rencontre, est le riz; mais tandis qu'en Cochinchine, la culture du riz pourvoit à une large exportation qui fait la fortune du pays, au Tonkin, cette même culture dépasse à peine les besoins de la consommation locale. En Cochinchine, on peut compter que chacun des 1.500.000 indigènes consomme en moyenne 0^k 800 de riz par jour, que l'exportation moyenne s'élève à 7.000.000 de piculs (le picul vaut 60^{kg}) et que les emplois divers (fabrication de l'alcool de riz etc....) exigent 700.000 de piculs; cela fait une production totale de 15.000.000 de piculs.

Au Tonkin, l'Annamite est moins riche et consomme seulement 0^k 550; l'exportation est au maximum de 1.000.000 de piculs et les emplois divers n'en prennent que 1.540.000 piculs; cela fait une production totale de 36.000.000 de piculs dans les bonnes années.

Les chiffres sont ceux donnés par les Statistiques dans ses « Études sur le développement agricole au Tonkin »; nous les avons adoptés car ils nous paraissent très vraisemblables.

Après, hâtons nous de le dire, la production du riz est loin d'avoir acquis au Tonkin son plein développement. nous estimons que cette culture pourrait être grandement améliorée et nous avons la conviction profonde que cette amélioration fera plus tard la fortune du Tonkin comme elle a fait la prospérité de la Cochinchine.

Pour arriver à ce résultat, les mesures que nous proposons, consistent dans des travaux d'hydraulique agricole pendant à un meilleur aménagement des eaux du Delta

Conditions de la culture du riz au Tonkin

Pour pouvoir expliquer clairement le but et l'économie de ces travaux, il est nécessaire de donner quelques explications sur le Delta et sur les conditions de la culture du riz au Tonkin

La culture du riz au Tonkin est commandée par des facteurs plus ou moins importants dont les trois principaux sont, en mettant de côté le facteur primordial de la composition du sol.

- 1° les conditions météorologiques
- 2° le régime d'écoulement des fleuves venus des hautes régions et qui vont déverser leurs eaux à la mer après avoir traversé le Delta,
- 3° le régime d'évacuation des eaux pluviales qui tombent sur toute la superficie du Delta.

Conditions météorologiques récoltes du 10^e mois et du 5^e mois

Il y a deux saisons au Tonkin celle d'hiver et celle d'été. Dans la saison d'hiver il pleut rarement et les cours d'eau sont à l'étiage; on l'appelle et nous l'appellerons nous-même quelquefois la saison sèche quoique cette expression soit à un certain point de vue critiquable attendu que, surtout à la fin de cette saison, arrive la période du crachin, brouillard intense qui pénètre l'air et le sol d'une humidité fort désagréable.

La saison d'été est celle des pluies abondantes: de mi-juin à mi-septembre, tous les cours d'eau sont en crue.

Au Tonkin comme en Cochinchine, ce sont les pluies d'été qui commandent la culture du riz dont la récolte se fait au 10^e mois annamite (Novembre). Toutefois le Tonkin diffère en cela de la Cochinchine, à dans l'année une seconde récolte dite récolte du 5^e mois (Juin); cela tient à ce que, bien qu'il pleuve peu pendant l'hiver, il n'y a jamais au Tonkin de sécheresse absolue, mais plutôt une certaine humidité sans pluie qui fait qu'en certains points, on peut cultiver le riz en hiver et le récolter au cinquième mois annamite

Régime des fleuves

Le second facteur dont nous ayons signalé l'importance au point de vue de l'agriculture est le régime des fleuves qui traversent le Delta. Les deux fleuves dont les alluvions en s'accumulant ont formé le delta du Tonkin sont le fleuve Rouge à l'Ouest et le Chai-Binh à l'Est; le fleuve Rouge est de beaucoup le plus important des deux cours d'eau; c'est de lui et de la partie du delta qui lui correspond dont il sera surtout question ici

Régime d'Étiage

En hiver, les cours d'eau sont à l'étiage; le niveau du fleuve Rouge est au dessous de celui des rizières. La différence de niveau est de 4 à 5 mètres dans le haut delta; cette différence s'atténue quand on approche du littoral et dans les provinces du bas delta, les eaux du fleuve repoussées au moment de la haute mer viennent à quelques décimètres seulement au dessous des rizières. On voit immédiatement dans ces conditions quelle est la supériorité du bas delta sur le moyen et le haut delta, au point de vue de la possibilité d'irriguer les terres en hiver, pendant la saison sèche

Régime des crues, digues

En été, de mi-juin à mi-septembre se produisent les crues des rivières; ces crues devaient autrefois avant l'arrivée de la race annamite, avoir fait du Delta un vaste marécage malsain et improductif où divaguaient de nombreux bras du fleuve Rouge et où les eaux des crues, augmentées des eaux pluviales stagnaient sans trouver d'écoulement. Pour débarrasser le pays et mettre leurs rizières à l'abri des inondations, les Annamites ont enserré les fleuves entre des digues longitudinales; de cette façon, les eaux des crues ne se répandent plus dans tout le pays elles s'écoulent dans le lit majeur formé par les digues à un niveau cette fois supérieur à celui des rizières environnantes.

Les digues sont peu élevées dans le bas delta, elles ont une hauteur moyenne de 3 mètres; en remontant le fleuve elles s'élèvent et elles atteignent 8 à 10 mètres à Hanoi; au dessus du sommet du Delta, leur hauteur diminue très vite jusqu'à leur disparition complète. Ce que nous venons de dire de la hauteur des digues s'applique au delta du fleuve Rouge; dans le delta du Chai-Binh, les digues n'ont jamais une hauteur aussi grande. Tant au plus si elles atteignent la hauteur des digues du bas Delta du fleuve Rouge et la presque totalité des digues au Delta du Chai-Binh servent au tant à mettre les rizières à l'abri du refoulement des eaux par suite de la marée à l'aval, que des crues des fleuves à l'amont.

Absence d'ouvrages de prise et d'évacuation d'eau dans les hautes digues

L'art des constructions chez les Annamites est très primitif; sans parler de grands travaux (passo en tunnel sous les cours d'eau, grands aqueducs, etc., qui sont en somme récents même en Europe); pour peu qu'une digue ait 11 mètres de hauteur, les Annamites n'osent plus établir à travers elle un ouvrage de prise ou d'évacuation des eaux.

Conséquences du régime des fleuves, de la présence des digues et de l'absence d'ouvrages d'art dans les hautes digues:

Il résulte des divers faits que nous venons de signaler à savoir:

- 1° sur le régime d'écoulement des eaux pluviales
- 2° sur la répartition des terres à deux récoltes ou à une seule récolte

- 1° niveau du fleuve en hiver très bas par rapport au niveau des rizières dans le moyen et le haut delta, tandis qu'il est à quelques décimètres seulement dans le bas delta;
- 2° hauteur des digues fort élevée dans le moyen et le haut delta, beaucoup moindre dans le bas delta;
- 3° état rudimentaire de la construction annamite il résulte, disons-nous, l'état de chose suivant que nous avons décrit au N° 17 de notre mémoire:

« Dans les provinces du bas delta, les digues ne sont pas très hautes et les canaux qu'elles encadrent sont couverts d'arroyos communiquant à travers elles avec les grands cours d'eau; il en résulte que dans ces provinces même en hiver il y a de l'eau dans les nombreux arroyos qui sillonnent le pays, et l'eau est à un faible niveau au dessous des terres et les petits moyens d'irrigation annamite sont suffisants pour assurer une irrigation convenable pendant la saison d'hiver au point que pendant la saison d'été, de façon à assurer la récolte du 5^e mois ainsi que la récolte du 10^e mois

« Dans le haut Delta, au contraire, les digues deviennent très hautes, la construction rudimentaire des Annamites a renoncé à établir des ouvrages d'art de prise d'eau à travers ces hautes digues, en sorte que dans le haut delta les canaux n'ont pour toute irrigation que l'eau de pluie qui tombe plus ou moins régulièrement pendant la saison chaude, eau de pluie qui séjourne dans des arroyos sans issue; il en résulte que dans ces provinces l'irrigation n'est possible que pendant l'été, et que dans certaines parties l'eau de pluie, ne trouvant pas alors d'écoulement, séjourne et empêche la récolte du 10^e mois; il est vrai qu'en général, pendant la saison d'hiver, ces dernières parties ont la quantité d'eau suffisante pour permettre la récolte du riz au 5^e mois, tandis que l'écoulement

« de ces provinces n'a pas assez d'eau pour la récolte du 5^e mois
 « En resume terres à deux récoltes dans les provin-
 « ces du bas delta couvertes d'arroyos communiquant avec
 « les grands cours d'eau et ayant le niveau de l'eau à un faible
 « hauteur au dessous du sol;

« Terres à une récolte du 10^e mois dans
 « les parties les plus élevées des provinces du haut Delta,
 « lesquelles ont des digues très élevées, non munies de prises
 « d'eau;

« Terres à une récolte du 5^e mois dans
 « les parties basses et terres à deux récoltes dans les
 « parties intermédiaires

« Bien entendu il ne s'agit là que de vues géné-
 « rales qui n'ont rien d'absolu et qu'il convient de complé-
 « ter par l'introduction de nombreuses conditions acces-
 « soires quand on veut entrer dans le détail. »

Classification des
 travaux d'hydrau-
 lique agricole à
 entreprendre

Les travaux d'hydraulique agricole à entreprendre dans
 le delta du Tonkin pour l'amélioration de l'agriculture
 annamite peuvent être classés de la façon suivante:

1^o Travaux destinés à faire cesser les inondations
 résultant des ruptures de digues qui se produisent fréquemment
 au moment des crues des fleuves et qui détruisent la récolte
 du 10^e mois.

2^o Travaux destinés à évacuer en été les eaux de pluies
 qui ne trouvent pas leur écoulement à l'intérieur des casiers
 fermés formés par les digues dans les provinces du moyen et
 du haut Delta, eaux de pluie qui empêchent dans le bas
 de ces provinces la culture du 10^e mois; l'utilité de ces travaux
 est surtout grande dans le cas d'un été trop pluvieux.

3^o Travaux destinés à porter remède aux sécheresses
 qui se produisent exceptionnellement en été et qui ont pour
 conséquence l'absence totale de récolte du 10^e mois.

4^o Travaux destinés à faire des irrigations d'hiver
 pour étendre la superficie du delta capable de donner la
 récolte du 5^e mois

Travaux contre
les inondations par
ruptures de digues

8
Nous avons dit plus haut que, si le Delta du Tonkin n'avait pas eu pour le débiter et aménager ses eaux, une race industrielle comme la race annamite, ce serait actuellement un vaste marécage malsain et improductif où les nombreux bras du fleuve Rouge seraient dans un état de divagation continue, où les eaux des crues ainsi que les eaux de pluie stagneraient sans trouver d'écoulement.

Mais ces travaux d'aménagement des eaux n'ont pas été conçus ni exécutés avec la perfection que permettrait à l'heure actuelle la science des Ingénieurs européens.

Si les Français venaient aujourd'hui occuper le vaste marécage qui était autrefois le Delta, et si une compagnie de colonisation, par exemple, s'avisait de le mettre en valeur, voici probablement comment opéreraient les Ingénieurs qu'elle ne manquerait pas de prendre à sa solde: un lever et surtout un nivellement précis seraient faits de tout le delta, une étude approfondie serait poursuivie du régime des eaux, et, avec tous ces documents, seraient dressés des projets parfaitement étudiés de digues, de canaux, d'ouvrages de prise et d'évacuation des eaux. Quand les Annamites vinrent occuper le delta, leur état de civilisation ne comportait pas tant de science; ils ignoraient encore la topographie, l'hydraulique et les ressources de la construction moderne; il en est résulté que les digues furent tracées sans plan d'ensemble, ici trop rapprochées la trop éloignées, avec des inflexions inexplicables; il en est résulté des ruptures fréquentes de digues et des inondations violentes qui sont depuis longtemps le plus grand malheur du pays.

Cette situation est allée en empirant par suite de la fermeture et de la mise en culture de certains bras du fleuve; il est résulté de ce fait et peut être aussi d'autres causes (agrandissement du Delta, lent exhaussement du lit du fleuve, etc.) que les digues ont dû être surélevées et qu'elles atteignent aujourd'hui des hauteurs de 8 à 10 mètres.

Pour porter remède à un tel état de choses, certaines personnes conseilleraient de supprimer les digues, de laisser l'eau des crues s'épandre sur le delta et de faire seulement des canaux d'assèchement pour empêcher la stagnation des eaux des crues et des eaux pluviales.

Nous n'avons pas cru pouvoir nous lancer dans une solution aussi révolutionnaire et qui, croyons nous, ferait retourner le delta à l'état de marécage; à notre avis, il y a

lieu purement et simplement de pourvoir progressivement l'amélioration des digues existantes, et, en attendant que ces lentes améliorations soient réalisées, nous avons conseillé comme mesure immédiate de couper les digues à l'amont du sommet du Delta, dans les régions où le champ d'inondation n'aura pas une trop grande largeur. (1)

Les travaux que nous avons énumérés en deuxième et troisième lieu ont surtout pour but de corriger les irrégularités du régime des pluies en été: Travaux d'assèchement en cas d'excès de pluies et irrigations avec l'eau du fleuve rouge en cas de sécheresse.

Travaux d'assèchement

Dans les provinces du bas delta les travaux d'assèchement consisteront surtout dans le curage fréquent et répété de tous les petits cours d'eau intérieurs. Dans le haut et moyen Delta le problème est beaucoup plus difficile: comme le niveau des eaux du fleuve au moment des crues est notablement au dessus des rizières, on aura beau avoir construit des ouvrages d'évacuation à travers les hautes digues, il sera impossible au moment des crues d'évacuer directement au fleuve l'excès des eaux pluviales; il faudra attendre la fin de ces crues, à moins toutefois d'avoir recours à des travaux considérables tels que canaux d'assèchement allant directement à la mer et passant en siphon les bras rencontrés du fleuve Rouge, ou bien mêmes éleveurs prenant les eaux stagnantes dans la rizière et les déversant dans le fleuve; nous ne conseillons pas l'exécution immédiate de ces grands travaux; nous pensons qu'il y a des travaux plus urgents à exécuter et qu'en attendant il y a lieu de construire simplement à travers les digues des ouvrages d'art permettant l'évacuation des eaux pluviales à la fin de la saison des crues; à ces ouvrages d'évacuation devront aboutir des canaux d'assèchement qui ne seront autre chose que la terminaison des canaux d'irrigation dont nous allons parler ci-après.

Irrigations d'été en vue des sécheresses exceptionnelles

Quand contrairement aux conditions météorologiques normales on a une sécheresse en été, c'est un désastre pour le delta qui ne peut alors faire sa récolte du 10^e mois. Et pourtant

(1) Le grand barrage dont nous précisons plus loin la construction en vue des irrigations a également un grand rôle à jouer au point de vue de l'écoulement des eaux de crues comme ouvrage séparateur entre les différents branches du fleuve Rouge (voir dans l'ouvrage de M. D. B. sur les irrigations dans l'Inde, les travaux sur le Mahanuddy et son delta.)

malgré la sécheresse, la crue du fleuve se produit plus ou moins forte et c'est véritablement une ironie des choses que de voir l'eau limoneuse et fertilisante du fleuve aller se perdre dans la mer pendant que dans la partie supérieure du Delta tout au moins, les rizières s'assèchent, que la terre se fendille et que la récolte est perdue; ajoutons, circonstance qui augmentera l'étonnement de tout le monde, qu'à ce moment l'eau du fleuve est à un niveau supérieur à celui des rizières et que de simples prises d'eau à travers les digues suffiraient pour verser l'eau du fleuve sur ces rizières; mais nous l'avons dit, l'art des constructions est très primitif au Tonkin: les Annamites n'ont pas osé faire ces prises d'eau à travers les hautes digues du moyen et du haut Delta c'est à nous de les exécuter.

Nous proposons comme système de prise d'eau l'emploi de siphons aspirants avec siphon amorceur automatique; c'est le système qui nous paraît ici tout désigné pour faire passer l'eau à travers les hautes digues du Delta; une batterie de 6 siphons de 1^m 30 de diamètre avec siphon amorceur de 0.80 fonctionnant avec une différence de niveau de 2^m 50 donne un débit de 440 mètres cubes à la seconde; en admettant de 0.4 à 0.5 par seconde et par hectare comme cube d'eau nécessaire pour les irrigations d'été, cette batterie de siphons suffirait à l'irrigation d'été de 100.000 hectares.

Les ouvrages de prise d'eau sont d'ailleurs la moindre partie du travail à entreprendre pour résoudre le problème de l'irrigation des terres du Delta en été, en temps de sécheresse; l'eau de pluie tombe uniformément sur toute l'étendue du pays et l'on n'a pas à s'occuper de sa distribution, il n'en est pas de même pour l'eau prise au fleuve: il faudra tracer tout un réseau de canaux d'irrigation pour arriver à la distribuer convenablement, canaux d'irrigation ayant un développement considérable, pouvons de nombreux ouvrages d'art, petits barrages pour surélever le plan d'eau, vannages de prise d'eau ponceaux etc. etc. ...

Les régions à irriguer sont les suivantes:

- 1^o - La région entre le Day, le fleuve Rouge et le canal de Phu-Ly (Correspondant à la majeure partie de la province d'Ha-noi);
- 2^o - La région entre le fleuve Rouge le Canal des Rapides, le Song-Calo et le Song-Cau (correspondant à la majeure partie de la province de Bac Ninh);
- 3^o - La région entre le fleuve Rouge, le canal des Rapides le canal des Bambous et le Chai-Binh correspondant à la majeure partie de la province de Hung-Yen);

¹ Nous adoptons une vitesse de 0.5 qui est un peu faible, car nous supposons qu'il n'y a pas absence complète de pluie.

4° La région de la rive droite du Day, comprise dans le haut et moyen Delta, appartenant surtout à la province de Tonkay (pour abréger le langage nous désignerons dorénavant ces diverses régions par les noms des provinces auxquelles elles se rattachent principalement.)

La superficie des 4 régions est respectivement et en nombre rond : pour chacune de ces deux premières : 100 000 hectares, pour la troisième 80.000 hectares et pour la quatrième : 60.000 hectares.

Nous avons prévu 4 prises d'eau

1° Une de six siphons de 1^m 30 établis à Latan, près du point de séparation du Day et du fleuve Rouge pour l'irrigation de la province de Hanoi

2° Une seconde identique à celle de Latan établie près du point de séparation du Song-Celo et du fleuve Rouge pour l'irrigation de la province de Bac-Ninh

3° Une troisième identique aux deux premières, établie sur la rive gauche du fleuve Rouge, un peu à l'aval de Hanoi pour l'irrigation de la province de Houngh Yen;

4° enfin une quatrième prise d'eau de 4 siphons seulement débitant ^{mètres cubes} à la seconde, établie près de Tonkay pour l'irrigation de la rive droite du Day

Quant au réseau de canaux d'irrigation à entreprendre dans ces diverses régions, nous ne pouvions en dresser le projet; il aurait fallu au préalable, procéder à un nivellement de précision du Delta qui n'existe pas encore.

La construction du réseau de ces canaux d'irrigation sera fort longue et il ne faut pas attendre leur achèvement pour commencer l'installation des prises d'eau; nous pensons même que ces prises d'eau devraient être établies en tout premier lieu et qu'elles sont susceptibles de rendre des services avant même tout creusement de nouveaux canaux en utilisant simplement le réseau de canaux en arroyos existant actuellement; sans doute en l'absence de canaux d'irrigation abaissant le plan d'eau au point de départ les prises d'eau ne commenceront à fonctionner qu'à une côte plus élevée; de plus, par suite de l'absence de canaux ramifiés, l'arroyage des rizières ne se fera pas sur toute l'étendue désirable ni de la façon la plus parfaite; mais enfin ces prises d'eau permettront de couvrir au plus pressé et d'éviter des désastres complets comme il s'en est produit en 1895

Le système que nous proposons pour les irrigations d'été est fort économique tout au moins si l'on ne tient pas compte des

canaux d'irrigation et si l'on ne considère que les prises d'eau. Mais il ne résout pas entièrement le problème. Théoriquement il faudrait pouvoir déverser l'eau du fleuve Rouge sur les rizières pendant 3 ou 4 mois, de Juin à octobre, et en consultant les courbes du fleuve Rouge on constate que ce but est loin d'être atteint. Aussi, pour nous, les irrigations d'été pour être complètement assurées, nécessitent la construction du grand barrage au sommet du Delta dont il est parlé ci-après à propos des irrigations d'hiver, barrage qui tiendrait d'une façon permanente les eaux à une hauteur suffisante pour l'irrigation. C'est d'ailleurs la solution adoptée sur le Godavery; sur ce fleuve en effet le débit d'étiage est de 45 m³ à la seconde tandis qu'il est de 20.000 m³ aux hautes eaux, en sorte que dans le Delta du Godavery les irrigations d'hiver sont insignifiantes et le grand barrage de Dowlaisheram a été construit surtout en vue des irrigations d'été.

Irrigations d'hiver

Il nous arrivons enfin aux travaux énumérés plus haut en quatrième lieu et qui nous semblent devoir constituer le progrès le plus décisif de l'agriculture annamite, nous voulons parler des irrigations d'hiver dans le haut et le moyen delta. Comme nous l'avons dit déjà, en hiver quoiqu'il y ait une grande humidité dans l'air, il tombe peu d'eau, les fleuves sont à l'étiage et à un niveau de 4 mètres au dessous du niveau des rizières, aussi n'y a-t-il de récolte du 5^e mois que dans certains bas fonds qui en revanche sont privés de la récolte du 10^e mois. On comprend dans ces conditions l'avantage qu'il y aurait pour l'agriculture du haut et du moyen delta à avoir des irrigations en hiver afin de pouvoir faire partout la récolte du 5^e mois; ces irrigations devraient pouvoir donner un litre d'eau par seconde, par hectare pendant 3 ou 4 mois.

Il y a deux solutions possibles pour résoudre le problème des irrigations d'hiver.

- 1^o la construction d'un grand barrage au sommet du Delta qui remonterait le plan d'eau d'étiage du fleuve Rouge de 4 mètres de hauteur de façon à l'amener dans le voisinage du niveau des rizières;
- 2^o l'établissement en divers points du Delta d'usines hydrauliques élévatoires puisant l'eau dans le fleuve et la déversant dans les rizières.

Première solution.
solution du grand barrage.

La première solution comporte des ouvrages qui peuvent paraître hardis mais qui ne sont pas nouveaux; c'est au moyen de cette solution que les Anglais ont aménagé la plupart des deltas de l'Inde et en particulier le delta du Godavery qui offre tant d'analogie avec le delta du Tonkin.

Le sommet du Delta peut être placé au point où se détache en face l'un de l'autre du fleuve Rouge, le Day sur la rive droite, le Song-Lalo sur la rive gauche. Les barrages que nous proposons d'établir un peu au dessous du sommet du Delta, se composent de trois groupes d'ouvrages: un premier groupe, le plus important, barrerait le fleuve Rouge au droit du village de Palan, les deux autres groupes barreraient le Day et le Song-Lalo un peu à l'aval de leur origine sur le fleuve Rouge. - Les parties mobiles de ces barrages seraient fermées au moment des basses eaux et levées au moment des hautes eaux.

Les ouvrages à établir à Palan comporteraient:

- 1° Un barrage fixe de 800^m de longueur surélevant le plan d'eau de 4 mètres;
- 2° Un barrage mobile de 400^m situé du côté de la rive droite, destiné à faciliter l'écartement des sables en temps de crue, de façon à ne pas exhausser le lit du fleuve à l'amont;
- 3° Une écluse à sas de navigation (1)

La section prévue pour le barrage fixe est imitée de celle adoptée sur le Godavery par l'illustre ingénieur anglais sir Arthur Cotton; nous avons seulement renforcé à l'amont et à l'aval les murailles, paraffouilles prévues par cet ingénieur, en les descendant plus bas au moyen de l'air comprimé. Pour le barrage mobile, nous n'avons pas eu à aller chercher nos inspirations à l'étranger les ingénieurs français sont depuis longtemps passés les maîtres en cette matière; nous avons eu seulement à adopter le dernier perfectionnement réalisé en France, nous avons proposé le type du barrage de Lascos sur la Seine, qui s'adapte aux plus grandes chutes; ce type de barrage est tout particulièrement approprié aux rivières à fond mobile, attendu que quand il est levé tous les engins sont hors de l'eau et le radier est complètement dégagé.

L'établissement de ces divers ouvrages devrait être précédé de travaux de défense des rives et de fixation du lit inférieur sur 3 kilomètres à l'amont et 3 kilomètres à l'aval: pour ces travaux nous sommes heureux de déclarer qu'il n'y aura pas non plus à aller chercher des exemples à l'étranger; il suffira de s'inspirer des travaux des ingénieurs français, travaux dont la haute valeur a été manifestement reconnue au Congrès international de Navigation intérieure tenu à la Haye en 1894.

Les ouvrages à établir sur le Day et sur le Song-Lalo sont en tout analogues à ceux prévus à Palan sur le fleuve Rouge seront beaucoup moins longs et moins importants

(1) Il y aura peut-être lieu de faire, comme sur le Godavery et de ne pas construire cette écluse, la navigation se ferait extérieurement par canaux, comme il sera expliqué plus loin.

Quant aux prises d'eau à faire à l'amont du barrage pour l'irrigation des diverses parties du Delta, nous en prévoyons trois : une de cent mètres cubes à la seconde à Salan pour l'irrigation de la province d'Hanoi (100.000 hectares); une de 180 mètres cubes sur la rive gauche du fleuve Rouge, près du point de départ du Song-Calo, pour l'irrigation de la province de Bac-Ninh (100.000 hectares) et de la province de Hung-Yen (80.000 hectares) enfin la troisième de 60 mètres cubes pour l'irrigation de la rive droite du Day. (60.000 hectares).

Le système de prise d'eau adopté est toujours le système de prise d'eau par siphons.

Deuxième solution:

solution par usines
élevatoires

La deuxième solution pour assurer les irrigations d'hiver consiste dans l'établissement d'usines élévatoires hydrauliques en divers points du Delta. Cette solution a été appliquée, sur une grande échelle, en Egypte; elle n'est pas à appliquer au Tonkin en la quantité d'eau qui tombe annuellement est considérable par rapport à celle qui tombe en Egypte. Les Anglais aux Indes n'ont établi des usines élévatoires d'irrigation ou d'assèchement que dans des cas tout à fait exceptionnels. Cette solution par usines élévatoires présente d'ailleurs deux inconvénients capitaux: 1° elle sacrifie les intérêts de la navigation aux intérêts de l'agriculture, tandis que la solution par barrage résout, ainsi que nous l'expliquons ci-après, le problème de l'amélioration de la navigation intérieure dans le Delta; 2° les frais de fonctionnement sont considérables, comme nous le verrons plus loin.

Le réseau de canaux à établir à l'abri des digues à l'intérieur des divers cantons du Delta pour les irrigations d'hiver devrait être encore plus important que le réseau d'irrigation d'été, attendu qu'il devra fournir à litre d'eau par seconde et par hectare au lieu de 0^l.4 à 0^l.5, chiffre prévu précédemment pour les irrigations d'été.

De plus, pour l'irrigation de la province de Hung-Yen, on sera obligé de construire un très grand siphon pour le passage au-dessous du canal des Rapides, du canal d'amènée de l'eau, issue de la 2^e prise d'eau.

Navigation intérieure
dans le Delta.

Il est essentiel quand on s'occupe du bon aménagement des eaux du Delta de placer dans ses préoccupations les intérêts de la navigation à un rang au moins égal à ceux de l'agriculture.

On répète depuis longtemps que nous sommes venus au Tonkin pour river partie du fleuve Rouge comme moyen de pénétration en Chine. Il est essentiel de ne pas l'oublier et de songer dès maintenant au programme des travaux destinés à améliorer et à rendre pratique cette grande voie fluviale.

Mais traiterons ailleurs la question de l'amélioration du fleuve Rouge en dehors du Delta; nous n'envisagerons ici que la navigation dans le Delta.

Cette amélioration ne peut se faire par des travaux de régularisation et de fixation du lit et des rives des rivières sinuées et à fond mobile que sont les arroyos du Delta; cette solution serait longue, difficile, incertaine et coûteuse. Il faut avoir recours à la solution par canaux à écluses à niveau fixe et, comme nous avons déjà un vaste réseau de canaux d'irrigation, il sera souvent possible d'aménager en canaux de navigation certaines artères principales de ces canaux d'irrigation. Nous devons avouer qu'en signalant cette deuxième solution nous n'innovons rien, car c'est la solution adoptée partout dans les deltas de l'Inde, qui ont été aménagés en vue à la fois de l'irrigation et de la navigation.

Aux Indes, en effet, la plupart des grands canaux d'irrigation servent en même temps à la navigation, sans pourtant que ce soit un principe absolu; pour certaines lignes principales de navigation ou pour certaines causes locales, les Anglais ont quelquefois construit dans leurs Deltas des canaux servant exclusivement à la navigation.

Quand le lever et le nivellement exacts du Delta seront faits, ainsi que nous ne cessons de le répéter, quand le régime des eaux sera complètement étudié, alors seulement il sera possible d'aborder le problème du réseau de canaux de navigation à établir pour résoudre dans le Delta le problème de la navigation intérieure.

Ce que nous pouvons affirmer dès maintenant, c'est que les deux principaux canaux de navigation à établir seront les suivants: un premier canal sur la rive droite du fleuve Rouge allant du sommet du Delta à Hanoi et dans le bas de la province et un second canal sur la rive gauche du fleuve Rouge allant du même sommet à Dap-Cau; de cette façon on établira des communications plus directes et plus sûres que celles qui existent actuellement entre Haiphong, le port du Tonkin, et le fleuve Rouge, ainsi qu'entre Haiphong et Hanoi.

Dans l'ordre d'exécution des canaux d'irrigation, les deux canaux dont nous venons de parler devront passer au premier degré d'urgence. Au fur et à mesure en effet que les irrigations se développeront, le cube d'eau pris au fleuve à l'écluse s'approchera du chiffre de 341 m³ par seconde, qui est la moitié environ du débit moyen. Il y aura donc une diminution de moitié d'eau au sommet du Delta jusqu'à une certaine distance à l'aval d'Hanoi, à moins que l'on ne

Passer certains travaux de rétrécissement du lit mineur, travaux difficiles et incertains que nous nous pressons de ne pas conseiller. L'exécution des deux canaux de navigation dont nous avons parlé portera remède à cet inconvénient avant qu'il ne se produise. (1)

Sur le point de vue de la Navigation la solution par barrage est très supérieure à la solution par usines élévatoires; non seulement la solution par barrage améliore le tirant d'eau du fleuve Rouge jusqu'à une certaine distance à l'amont du barrage, mais on n'a pas à élever l'eau nécessaire aux passages. Pour en finir avec l'énumération des avantages de la solution par barrage, faisons observer qu'elle crée gratuitement une force motrice considérable dont on pourra plus tard tirer grand parti.

Exécution des terrassements au moyen de la Corvée

Avant de donner l'estimation sommaire des dépenses il convient de faire savoir qu'il existe au Tonkin un puissant instrument d'action pour l'exécution des Travaux publics et notamment pour les grands Travaux de terrassement, creusement de canaux, constructions de digues, etc...; nous voulons parler de l'impôt des corvées. Grâce à cet impôt, les Travaux de réfection des digues et de curage des arroyos peuvent se faire sans rien demander au budget du Protectorat; pour les Travaux neufs, construction d'une digue nouvelle ou creusement d'un canal neuf, il est d'usage de subventionner le corvéable à raison de 0^{fr}.05 cinq cents le mètre cube.

Pour donner une idée de la puissance de la corvée, il suffit que nous fassions connaître que le nombre total des inscrits sur les listes de l'impôt au Tonkin est de 350.000 environ et que l'on peut demander à chaque inscrit de remuer un cube de terre de 40 mètres³ ce qui fait que par an au Tonkin, on peut faire 14 millions de mètres cubes de terrassements.

Nous prévoyons donc que tous les terrassements qui constituent la plus grande part des Travaux de construction des canaux d'irrigation, seront exécutés au moyen de corvées subventionnées à raison de 0^{fr}.05 le mètre cube.

Dépenses et durée des Travaux

Si l'on fait abstraction des canaux d'irrigation, la solution du grand barrage nécessite une dépense de 20.000.000 de francs; la solution par usines élévatoires conduit à une dépense de 17.000.000 de francs: ces chiffres ne représentent bien entendu que les dépenses de premier établissement. Les dépenses d'exploitation des usines élévatoires s'élèvent à 2.000.000 de francs. - En admettant pour tous les ouvrages le taux de 10% pour l'intérêt et l'amortissement,

(1) Il n'y a

on trouve que la solution par barrage revient annuellement à 2.000.000 de francs, la solution par usines élévatoires à 3.700.000 francs; on voit l'incorcontestable supériorité au point de vue économique de la solution par barrage sur la solution par usines élévatoires.

Les canaux d'irrigation coûteront 2.400.000^{fr} en travaux de terrassements et 4.000.000 de francs en ouvrages d'art.

L'aménagement des artères principales des canaux d'irrigation pour servir à la navigation occasionnerait une dépense supplémentaire de 600.000^{fr} pour les terrassements et de 5.000.000 de francs pour les ouvrages d'art.

En supposant le nivellement du Delta exécuté ainsi que de lever des digues du Tonkin, nous estimons qu'il faudrait cinq ans pour exécuter le barrage de Lalan et que l'exécution complète des principaux canaux d'irrigation et de navigation ne demanderait pas plus de 10 à 12 ans. Bien entendu pendant cette période de 10 ou 12 ans il y aurait lieu de servir les travaux suivant leur ordre d'urgence; par exemple il conviendrait d'exécuter de suite les siphons prises d'eau au fleuve, ce qui ne demanderait que deux ans ne coûterait environ que 400.000 à 500.000 francs et permettrait de pallier de suite aux sécheresses d'été; il faudrait ensuite aménager le plus tôt possible les grandes artères d'irrigation qui doivent servir en même temps à la navigation de façon à ce qu'au bout de 5 ans, quand le grand barrage sera construit, on puisse l'utiliser de suite sans causer aucun préjudice à la navigation.

La dépense totale pour l'aménagement des eaux du Delta du Tonkin est ainsi de 30 millions environ. Cette dépense est supérieure à celles qui nous ont été nécessaires pour les deltas de la province de Chadras; nous extrayons en effet d'un mémoire de M. Barois le renseignement suivant

« Si l'on considère les travaux d'irrigation des deltas de la province de Chadras, on trouve que pour le delta du Godavery dont la superficie est de 400.000 hectares, la dépense de construction qui est de 21.000.000 de francs correspond à 50 francs par hectare irrigable et pour le Delta de la Krishna, qui a une superficie de 550.000 hectares, la dépense des travaux qui est de 12.000.000 de francs, revient à 21 francs par hectare »

Le prix maximum de 50 francs s'applique donc 340.000 hectares que nous irriguons dans le Delta du fleuve Rouge,

des canaux d'irrigation et de navigation; nous irons même plus loin, nous ne verrions que des avantages à ce qu'on prenne le débit intégral, comme le cas se présente d'ailleurs aux Indes; ça paraît peut-être que toute l'eau est utilisée. Et n'y a pas à craindre que le barrage attendu d'ici ce soit continuant à fonctionner en été pendant la saison des crues. Le Delta du Nil a une superficie d'environ 1.000.000 d'hectares; le débit de l'Nil est de 450^m et le grand barrage de Badakh avait été fait pour lui enlever 350 mètres cubes

donnerait un chiffre de dépense de 97.000 000 seulement, chiffre très inférieur à celui que nous avons évalué.

Choix définitif à faire de la solution du grand barrage

La solution qui consiste à établir un grand barrage au sommet du Delta et à construire un réseau de canaux en éventail servant à la fois à l'irrigation et à la navigation présente les avantages suivants sur la solution par usines élévatoires :

1^o Elle peut servir pour résoudre le problème des digues, car ainsi que l'ont montré les travaux du Mahanuddy, on peut être conduit à se servir du barrage comme d'ouvrage répartiteur entre les différentes branches du fleuve.

2^o Cette solution est nécessaire si l'on veut assurer d'une façon complète les irrigations d'été au lieu de se contenter de la solution imparfaite dont nous avons parlé au Chapitre II.

3^o C'est la solution la plus économique au point de vue des irrigations d'hiver.

4^o Enfin elle résout le problème de l'amélioration de la navigation intérieure, qui par l'autre solution risquerait au contraire d'être sacrifiée.

En résumé, la solution du grand barrage de Palau est la solution qui il convient d'adopter.

Nécessité d'études approfondies sur le terrain

On n'entreprend pas des ouvrages comme par exemple, le barrage du fleuve Rouge, appelé à modifier si profondément le régime de ce fleuve, sans des levés préliminaires des fonds de ce fleuve sur une grande longueur, pendant plusieurs années consécutives, levés exécutés concurremment avec une étude approfondie du régime des crues, des courants, des débits, etc....

Il est impossible également d'entreprendre la construction des canaux d'irrigation, qui est un travail colossal, sans un lever et un nivellement exacts des diverses parties du Delta; nous croyons bon de rappeler ici ce que nous avons écrit dans notre mémoire :

" Nous ne saurions trop protester contre l'exécution trop hâtive des travaux sans étude technique préalable. Si on veut aller trop vite, on verra se renouveler ici ce qui s'est produit souvent en Égypte, par exemple pour le canal de Mahmoudieh.

Lorsque Mehmet Ali décida le creusement du Mahmoudieh, 360.000 hommes de corvée, recrutés par ses ordres sur différents points de l'Égypte, furent envoyés sur les lieux, avant même que les nivellements, opérations essentielles qui doivent nécessairement précéder un travail de cette importance, aient pu être achevés; aussi ce canal l'insigne t-il de la précipitation souvent aveugle que les serviteurs du premier vice-roi d'Égypte apportaient dans l'accomplissement de la volonté du maître. Les contingents qui

concourent au creusement, placés approximativement dans la meilleure direction possible, mais forcément un peu au hasard, exécuteront le plus rapidement qu'ils le pourront, la partie qui leur était assignée. Dans ces conditions il n'est pas étonnant que ni la pente ni les alignements n'aient pas été respectés, et qu'il ait fallu ensuite raccorder ces derniers par des courbes que l'axe du canal n'aurait pas dû comporter. En outre, faute d'études préliminaires suffisantes, une partie du canal qu'il eût été facile d'éviter, dut être construite en remblai et maintenue par des berges en maçonnerie.

Nous aurions à ce sujet beaucoup de réflexions à faire: les digues et les canaux au Tonkin semblent avoir été tracés dans les mêmes conditions que le canal de Baharioussieh en Egypte; comme nous l'avons dit plus haut, le problème des digues sera presque complètement résolu le jour où on aura donné à ces digues un tracé rationnel, ce qui nécessite des levés et des plans qui n'ont pas encore été faits; bientôt va se poser le problème de l'amélioration du canal de navigation de Nam Dinh à Vinh; les Annamites semblent avoir voulu dans le tracé de ce canal, réaliser tous les méandres possibles de la queue du Dragon; à notre avis, l'amélioration de ce canal devra être précédée d'études de rectification indispensables si on ne veut pas gaspiller inutilement de l'argent et des jours de corvée. Mais revenons à notre sujet, les travaux d'irrigation et d'assèchement; point n'est besoin d'aller chercher en Egypte des exemples de précipitation irréfléchie, nous en avons au Tonkin même et de récents: le canal d'assèchement de Baile à Phung, dans le bas de la province de Hanoi, entrepris il y a quelques années sans étude préalable qui a abouti à un échec retentissant et qui malheureusement a disqualifié depuis cette époque dans le Delta tous les travaux d'hydraulique agricole.

Nous avons tenu à ne pas résumer, mais à reproduire en entier ce passage de notre mémoire, car pour nous il est d'une importance capitale. — Des études précises et longues devront donc être faites par des agents instruits et expérimentés. Le personnel ordinaire des Travaux Publics ne peut être distrait pour ces études de ses occupations habituelles, mais il existe un personnel nouveau formant un cadre temporaire qui vient d'arriver au Tonkin et qui est composé de conducteurs et de commis des Ponts et Chaussées créés au Protectorat par le Ministère des Travaux Publics; ces agents sont actuellement affectés à la

surveillance des Travaux votés par le Parlement le 10 Février 1896.
 et spécialement des Travaux du Chemin de Fer d'Hanoi à la
 frontière de Chine; d'ici deux ou trois ans ce personnel sera
 disponible et nous estimons qu'il conviendra de le garder quelque
 temps encore au Tonkin pour les études d'irrigation et la redac-
 tion des projets définitifs.

Hanoi le 30 Septembre 1897
 L'Ingénieur des Ponts et Chaussées
 Directeur des Travaux Publics P. i.

Godard

Delta du Tonkin

Aménagement des eaux du fleuve
Rouge en vue de l'agriculture

Avant projets d'irrigation

Mémoire descriptif et justificatif

Introduction

§ 1^{er} - Orographie et hydrographie

Description
géographique
sommaire des
divers régions
du Delta

1 - Le Tonkin se divise en deux parties bien distinctes, le delta avec ses grands fleuves: le Song-Koi (Fleuve Rouge) et le Chaï-Binh, et la région montagneuse⁽¹⁾

Nous ne dirons rien de la région montagneuse qui n'offre qu'un intérêt secondaire au point de vue de la question que nous traitons ici

Le Delta⁽²⁾ est limité par une ligne qui partant du bord de la mer, à environ 15 kilomètres à l'Ouest de l'embouchure du Day, irait passer à la même distance à l'Ouest de Ninh-Binh, remonterait ensuite la rive droite du Day, en le laissant à une dizaine de kilomètres, viendrait passer au dessus de My-Suong, suivrait l'arroyo de Sontay et irait tomber au confluent de la rivière Noire; de là, elle se dirigerait à 25 kilomètres au Sud de Cai-Nguyen; puis sur Hép, Luc-Nam, descendrait à quelque distance de la rive gauche de la Rivière de Luc-Nam et s'achèverait jusqu'à la mer par le pied du massif du Dong-Bien.

⁽¹⁾ Consulter la géographie de l'Indo-chine par M. H. Bouvier et Paulus
⁽²⁾ Voir carte au millionième pièce N° 1 -
⁽³⁾ Voir carte du Delta au 500.000 pièce N° 2

On peut dire que le Delta forme actuellement un trapèze de 125 Kilomètres de hauteur; ses bases sont respectivement 120 et 65 Kilomètres; sa superficie est de 11.000 Kilomètres carrés.

Le grand fleuve du Tonkin est le Song Koi ou fleuve Rouge qui prend sa source à une grande distance en Chine dans le Yunnan. Ce fleuve traverse le Tonkin du N.O. au SE avec un développement d'environ 672 Kilomètres dont 300 Kilomètres dans le Delta. A Piétry, au sommet du Delta, le fleuve Rouge reçoit ses deux principales affluents: la rivière Noire à droite et la rivière Claire à gauche.

Le Chai Binh, le second fleuve du Tonkin, est formé par le confluent à Sept-Pagodes de trois cours d'eau qui ont leur source dans le territoire du Tonkin, à savoir: le Song (qui passe à Coi-Nguyen), le Song-Thuong qui passe à Phu-Lang-Thuong et le Sue-Nam.

A leur arrivée dans le Delta, ces deux grands cours d'eau ont de nombreux défluents qui communiquent les uns avec les autres, constituant un réseau d'anastomoses au milieu desquels il est quelquefois difficile de se reconnaître et aussi de savoir si on a affaire à des cours d'eau naturels ou à des canaux creusés de main d'hommes; essayons malgré cela de donner une description sommaire des principaux cours d'eau, ou comme on dit dans le pays, des principaux arroyos

La principale branche du fleuve Rouge est celle qui passe à Son-Tay, Hanoi, Hong-Hon et qui se jette dans la mer par la bouche du Cua-Ba-Lat. Un peu en aval de Son-Tay, il existe sur la rive droite du fleuve Rouge un défluent de ce fleuve surtout important au moment des hautes eaux, c'est le Day qui passe à Phu-Ly, Vinh-Binh et va se jeter à la mer.

La principale branche du Chai Binh passe à Hai-Duong et va se jeter à la mer par le Cua-Chui-Binh.

Ces trois cours d'eau, le Day, la branche principale du fleuve Rouge, la branche principale du Chai-Binh divisent le Delta du Tonkin en quatre régions numérotées I-III-IV. sur la carte pièce N°2 que nous allons examiner successivement.

La région N°1 est la partie comprise entre le Day et la principale branche du fleuve Rouge; cette région comprend surtout les provinces de Hanoi et de Nam-Binh. Les principales arroyos qui la traversent sont le canal de Phu-Ly, le canal de Nam-Binh qui mettent en communication le Day et le fleuve

(1) Voir la carte au 1/200.000 pièce N°3

fleuve Rouge

Rouge et le Kinh-Co qui se jette à la mer et qui constitue une bouche du
La Région N° II⁽¹⁾ est la région comprise entre les principales
branches du fleuve Rouge et du Chai-Binh. C'est dans cette
région que l'on passe du Delta du fleuve Rouge au delta du
Chai-Binh, deux deltas qui, comme nous le verrons plus loin,
présentent des caractères très différents au point de vue du régime des
eaux et des digues.

En allant du Nord au Sud on rencontre le Song-Calo,
le canal des rapides et le canal des Bambous qui établissent des
communications entre le fleuve Rouge et le Chai-Binh. Au sud du
canal des Bambous, existe un réseau compliqué d'arroyos; le
Traly, Tien-Hung, le Diem-Ho, le Song-Co, le Song-Hoa,
etc..., qui déversent à la mer les eaux du fleuve Rouge ou du
canal des Bambous qui communiquent plus ou moins les uns avec les
autres et qui sont difficiles à caractériser par suite de l'action de la
marée qui est ici prédominante. La région II correspond surtout aux
provinces de Bac-ninh, Hung-Yen Chai-Binh, Hai-Dzuong.

Les régions I et II la partie centrale du Delta la plus
intéressante au point de vue qui nous occupe; sur les deux bords
sont les régions III et IV dont nous allons parler maintenant.

La région III⁽²⁾ comprend la région située entre les montagnes
et la rive droite du Day; sur cette rive, le Day reçoit l'arroyo
de Sontay ou de My-Luong, l'arroyo de My-Duc et l'arroyo de
Phu-Ho. Cette région correspond aux provinces de Sontay, Phu-Ly
et Kinh-Binh.

La région IV⁽³⁾ comprend la partie du Delta située à
l'Est du Chai-Binh. Dans cette région, comme au sud du canal
des Bambous, les arroyos sont difficiles à caractériser par suite
de l'action de la marée qui complique beaucoup le régime des
courants.

L'énumération que nous allons faire des principaux
arroyos de la région IV ne doit faire préjuger en rien de leur
importance relative. Un peu en aval des Sept-pagodes, se détache
du Chai-Binh le Song-Kinh-Cay qui passe à Haiphong et
dont le Cua Cam peut être considéré comme la bouche.

Entre le Chai-Binh et le Song-Kinh-Cay existe un réseau
d'arroyos: le Pan-Uc, le Sach-Tray, le Song-Cam-Bac, le
Bang-Lan, le Song-Kinh-Mon, etc etc...; A gauche du
Song-Kinh-Cay se détache le Song-Gia qui avec le Song-Da-
Bach encadre la pittoresque île des deux Songes et va se
jeter dans le Cua Nam-Ouieu, lequel est plutôt un

(1) Voir carte au 1/200,000 pièce n° 4 (2) Voir carte au 1/200,000 pièce n° 5 (3) Voir carte au 1/200,000 pièce n° 6

golfe d'une rivière. Dans le Cua Nam l'eau se jette également
 le Song-Uong, qui doit alimenter en eau la ville de Haiphong
 Enfin le Song-Chang, au riviére de Quang-Yen
 et le Lach Uyem sont les derniers noms à citer à l'Est du
 Delta.

Nous nous abstiendrons, autant que possible pour éviter
 l'emploi de noms étrangers peu familiers au lecteur de parler des
 divisions administratives du Tonkin; cependant, comme nous
 serons parfois obligé de les citer, nous croyons bon d'indiquer dès
 maintenant la nomenclature des provinces, entre lesquelles est
 partagé ce pays. (1)

I Provinces du Delta.

Nom des Provinces	Chef lieu et nombre des habitants	Superficie cultivée en ^{mu} ^{hectares}	Nombre des inscrits
Hung-Hoa	Hung-Hoa (1600 hab ^{ts})	62.413 ^{mu}	10.695
Tontay	Tontay (9000 hab ^{ts})	232.408 ^{mu}	38.177
Bac Binh	Bac Binh (8000 ^h)	232.021 ^{mu}	43.037
Ha-Noi	Hanoi (50.000 ^h)	281.676 ^{mu}	44.322
Ha-Nam	Phu Ly (4.000 ^h)	156.240 ^{mu}	17.825
Hong-Yen	Hong Yen (5.000 ^h)	162.607 ^{mu}	21.101
Hai Duong	Hai Duong (5.000 ^h)	295.351 ^{mu}	34.221
Binh Binh	Binh Binh (1.500 ^h)	147.724 ^{mu}	22.522
Nam Binh	Nam Binh (30.000 ^h)	271.391 ^{mu}	61.024
Chai-Binh	Hien-Kuong (2.000 ^h)	276.333 ^{mu}	44.360
Haiphong	Haiphong (10.000 ^h)	82.491 ^{mu}	9.697
Quang-Yen	Quang-Yen (2.000 ^h)	7.243 ^{mu}	1.095
		2.213.698 ^{mu}	343.076
		1.100.263 ^{hectares}	

II Territoires de la haute Région

Actuellement (1896) les provinces du Delta sont
 sous l'autorité des Résidents civils; les territoires de la haute région
 sont sous l'autorité militaire et sont divisés en quatre régions

- 1^o Territoire Chef lieu Monkay
- 2^o " " " " Song-Ton
- 3^o " " " " Quy-en-Guan
- 4^o " " " " Lao-Hay

(1) Voir carte au 1/500.000 pièce n° 2, les limites de province sont indiquées
 (2) L'unité de mesure dont se servent les annuaires pour évaluer les longueurs (thuc

Régime des côtes
du Tonkin

2. Delta du fleuve Rouge Les côtes du

Tonkin s'étendent sur 140 milles de longueur du Sach Day, la plus occidentale des bouches du fleuve Rouge, au cap Tac Sung, frontière de la Chine.

En allant de l'Ouest à l'Est, on rencontre d'abord sur 40 milles environ, une côte plate bordant le Delta du fleuve Rouge; de nombreuses bouches divisent ce delta et dispersent au large les eaux troubles du fleuve à travers des barres très élevées ne permettant l'accès qu'aux bateaux de très faible tirant d'eau (1) Par suite de la grande quantité de matières tenues en suspension par le fleuve Rouge, ce delta est en voie d'accroissement rapide, particulièrement au débouché du Day ou, paraît-il, la côte aurait avancé de 4 Kilomètres en 10 ans

Partie N. du Delta ou delta du Chaï Binh

La partie nord du Delta, du Tonkin, est constituée par les apports d'un fleuve beaucoup moins important, beaucoup moins vaseux que le fleuve Rouge, le Chaï-Binh; il en résulte que cette partie du Delta s'accroît beaucoup plus lentement que la partie sud.

Archipel des Fai-tsi-Long

Au nord du Delta, l'aspect de la côte change subitement et apparaît une des formations les plus étranges qu'on puisse imaginer: nous voulons parler de l'archipel des Fai-tsi-Long

Des rochers calcaires, hauts de 30 à 50 mètres, de dimensions et de formes les plus variées, sont semés en nombre incalculable tout le long de la côte sur une distance de plus de 40 milles et sur une profondeur de 5 à 10 milles, La côte qui est en face est elle-même très montagneuse.

Partie intermédiaire entre le Delta

proprement dit et l'archipel des Fai-tsi-Long

La partie des côtes du Tonkin comprise entre la presqu'île de Do-Don et l'île de la Cac-Ba, c'est-à-dire entre l'extrémité Est du Delta proprement dit et la première grande île de l'Archipel des Fai-tsi-Long, est intéressante parce que c'est dans cette partie que se trouvent les passes d'accès du port d'Haiphong qui est le port du Tonkin, nous renvoyons à nos rapports relatifs au port d'Haiphong pour plus amples renseignements sur le régime du Cua Cam, du Cua Nam Tien et au Sach-Huyen

do riong ou quan dien Lich) vaut 0.470 - Je man est un canal de 150 mètres de largeur de côté et vaut 49.20.25 - des unités analogues en Egypte sont au même titre de goulets: la comète Abouctayeb vaut 0.54; le feddan vaut 42
(1) La barre sur laquelle on trouve le plus grand tirant d'eau est la barre du Day, c'est pourquoi généralement les bateaux manent d'Haï Phong à Vinh

les courants, sur la nature des fonds et sur la marche des alluvions
 — **Mariées.** Le marnage ne dépasse pas 4^m.00 environ.
 Les marées du golfe du Tonkin présentent des caractères tout différents
 des marées de France: les marées sont diurnes, c'est-à-dire qu'on n'
 observe en général qu'une pleine mer et qu'une basse mer par jour;
 les relations entre les hauteurs de marée et les phases de la lune sont
 toutes différentes des relations ordinaires observées sur les côtes
 d'Europe⁽¹⁾

Régime des cours d'eau du Tonkin 3. — Le régime des eaux du Delta est extrêmement complexe;
 d'un côté le fleuve rouge avec ses grands affluents, la rivière
 cours d'eau formant claire et la rivière Noire, le Chai-Binh forme du Song-Cau.
 le Chai-Binh (song du Song-Thuong et du Loch-Nam, lui apportent leurs eaux douces
 au, Song-Thuong, Loch Nam) dans la partie supérieure; d'un autre côté la mer de Chine baigne
Arroyos du Delta ce delta sur un front de 140 milles, et la marée se fait sentir
 jusqu'à une certaine distance à l'intérieur des terres à travers
 les nombreuses bouches du fleuve Rouge et du Chai-Binh; entre
 le régime marin, à l'aval existe un régime mixte souvent difficile
 à caractériser

D'une façon générale tous les cours d'eau du Delta sont
 des cours d'eau à fond mobile présentant par conséquent tous les
 caractères de ce genre de cours d'eau: succession de passes séparées
 par des maigres, sinuosités du chenal, et divagation de ce chenal à la
 suite des crues⁽²⁾ etc etc.....

Ce qui complique encore la question, c'est que depuis des siècles
 la population annamite a modifié le régime des fleuves du Delta
 en élevant des digues pour limiter le champ d'inondation au
 moment des hautes eaux

Mais allons essayer de caractériser succinctement
 les principaux cours d'eau du Delta.

Fleuve Rouge. — Le fleuve Rouge peut être divisé en
 trois zones très différentes:

1° La région inférieure où la marée se fait sentir depuis
 la mer jusqu'à Hanoi

2° Une région intermédiaire entre Hanoi et Yen Bai qui est
 particulièrement la région des sables mouvants et où le fleuve reçoit à Hanoi
 ses deux grands affluents, la rivière Noire et la rivière Claire.

Dans cette région il y a trois sections à distinguer: d'Hanoi à Hieny où
 bancs de sable restent fixes pendant la saison

⁽¹⁾ Voir annuaire des marées de la basse Cochinchine et du Tonkin paraissant sous les
 imprimeries nationales. — Nous avons donné l'ouvrage des marées à Haiphong (voir page 112)
⁽²⁾ Étude des Rivières à fond mobile a fait de grands progrès depuis quelques années; on a analysé avec
 minutie que présente ce genre de cours d'eau et on est arrivé à des améliorations remarquables
 travaux de M. Fargues sur la Garonne, de M. Jacquet et Guariéon sur le Rhône, etc etc.

d'étiage et ne se modifient guère que pendant les crues; de Vietry à Ngòi Lao qui est véritablement la zone des sables mouvants, enfin de Ngòi Lao à Yen-Bai où les bancs redeviennent fixes pendant l'étiage

3° La région au dessous de Yen-Bai qui est la région des rapides ou tachs

La première région et une fraction de la seconde, d'Hanoi à Vietry) sont comprises dans le delta proprement dit; entre Vietry et Yen-Bai le delta se resserre et se transforme en vallée de 15 à 1800^m de largeur, bordée de côtes en relief variable de 20 à 60 mètres; on passe ainsi peu à peu du Delta avec ses rizières et sa population nombreuse à la partie montagneuse du Tonkin couverte de brousse et peu habitée; dans le parcours des deux premières régions, ou plus exactement à partir d'un point un peu au dessous de Yen-Bai, le fleuve est endigué

Pour caractériser un fleuve il faut donner:

1° les courbes de hauteur d'eau et les courbes de débits aux différents points de son parcours. Nous sommes malheureusement depuis trop peu de temps dans le pays pour avoir pu déjà réunir tous ces renseignements en nombre suffisant.

2° le profil en long de son chenal et les profils en travers de son lit

Pour donner une idée du régime du fleuve Rouge et de ses grands affluents, la Rivière Noire et la Rivière Claire, nous donnons (voir N° 8)

1° la courbe des hauteurs du fleuve rouge à Saokay en 1894

2° la courbe des hauteurs de la rivière Noire à Cho-bo en 1894

3° la courbe des hauteurs de la rivière Claire à Suyen-Quan en 1894

4° la courbe des hauteurs du fleuve Rouge à Hanoi en 1894

ainsi que la courbe des débits en ce point du fleuve (voir N° 10)

Il serait certainement intéressant d'avoir la courbe des hauteurs et la courbe des débits du fleuve Rouge à Sontay au sommet du delta, avant que le fleuve Rouge n'ait alimenté ses défluents le Day, le Song-Calo et le canal des Rapides qui se détachent de lui entre Sontay et Hanoi; mais des observations régulières n'ont jamais été faites à Sontay ou en un point voisin

Hauteurs du fleuve L'examen de ces documents montre qu'à Hanoi le régime du fleuve Rouge peut être divisé en trois périodes:

1° Etiage des basses eaux; de Novembre à Mai. Les plus basses eaux connues sont descendues à - 0^m 95 par rapport au zéro de l'échelle des travaux publics; les basses eaux ordinaires sont à - 0.40;

2^o Petite crue Mai ou Juin: dès le mois d'avril le fleuve monte et il y a souvent une petite crue, dite petite crue de Mai, dont le maximum a lieu vers la fin de Mai; les eaux descendent ensuite légèrement jusqu'au 15 Juin; la petite crue de Mai atteint 4^m50 en moyenne

3^o Grande crue de Juillet: à partir du 15 Juin le fleuve remonte progressivement et atteint son maximum dans le courant du mois de Juillet; la hauteur moyenne des crues ordinaires est de 8^m20, la plus haute crue constatée a atteint 8^m94 en 1894. Les courbes de hauteur montrent que le régime du fleuve est très pulsatile

Ce caractère pulsatile est encore plus accentué pour la rivière Claire qui a des crues atteignant 14 mètres, qui s'élève de plusieurs mètres en quelques heures et qui présente tous les caractères d'une rivière torrentielle

Debits — Le débit du Fleuve Rouge devant Hanoi est de 600^m3 environ aux basses eaux; pour une hauteur de: 1^m à l'échelle des Travaux publics, le fleuve Rouge débite par seconde en chiffres ronds. — 1.000^m3

2 ^m	1.400
3 ^m	1.800
4 ^m	2.200
5 ^m	2.700
6 ^m	3.300
7 ^m	4.000
8 ^m	4.700
9 ^m	5.400

Nous ne possédons pas encore la moindre lueur en ce qui regarde l'explication des crues du fleuve Rouge; quelles sont les influences respectives de la fonte des neiges aux sources du fleuve, de la hauteur de pluie tombée et sur quelles surfaces etc etc...; ce sont autant de questions pour lesquelles il n'y a pas encore de réponses positives (1)

Les lois qui doivent exister entre les crues du fleuve Rouge, de la rivière Noire, de la rivière Claire, n'ont pas encore été débrouillées; le service d'annonce des crues n'existe qu'à l'état rudimentaire. On télégraphie journellement à Hanoi, et plusieurs fois par jour s'il y a lieu les hauteurs d'eau à Sao-Kay, Chu-bo et Tuyen Quang; les crues de Sao Kay se font sentir 4 jours après

(1) On trouvera plus loin à propos de la météorologie du Delta le graphique des hauteurs de pluie tombée; il semble exister une relation entre ce diagramme et la courbe des crues du fleuve

à Hanoï; les crues de Tuyen-Quan se font sentir deux jours après seulement; ce sont souvent les plus redoutables surtout si elles viennent en concordance avec une crue du Haut fleuve Rouge.

D' Hanoï le service des travaux publics télégraphie aux résidents des provinces du bas: Hung-Yen, Phu Ly, Nam-Dinh etc etc

Relève des Fonds - Pour ce qui regarde le relèvement du fond et des rives du fleuve (profil en long et profils en travers qui constituent les seconds renseignements à avoir pour caractériser un fleuve nous avons très peu de documents. Pour la région des rapides, on a bien les relevés du lieutenant de vaisseau Escande mais ces relevés des rapides ne sont pas reliés par un profil en long cette région ne nous intéresse pas d'ailleurs dans ce mémoire et nous renvoyons pour plus amples éclaircissements sur ce point à notre rapport sur l'amélioration de la navigation du Haut fleuve Rouge. Pour les deux autres régions du fleuve rouge dont il est parlé au commencement de ce paragraphe, à savoir la région entre Yen-Bay et Hanoï et celle entre Hanoï et la mer nous sommes encore plus pauvre de renseignements: dans ces régions, les cours prennent plus ou moins le caractère des fleuves à fond mobile. Nous donnons une carte du lit et des rives du fleuve Rouge levée en 1885 dans le voisinage d' Hanoï (pièce N° 9); et un profil en travers en face d' Hanoï (pièce N° 10) et divers autres profils en travers (pièce N° 11)

Les renseignements que nous venons de donner s'appliquent au fleuve Rouge et à proprement parler les explications dans le détail desquelles nous sommes entré jusqu'ici avaient pour but principal de décrire le fleuve Rouge en amont jusqu'au sommet du delta; c'est faute de relevés faits régulièrement à Pontay que nous sommes descendus jusqu'à Hanoï. Nous allons continuer notre examen des principaux cours d'eau à l'amont du Delta et nous donnerons ensuite les quelques rares renseignements que nous possédons sur les cours d'eau du Delta.

Song-Cau - Song-Thuong - Loch-Nam

Le régime de ces cours d'eau est analogue à celui du fleuve Rouge. La marée se fait sentir sur le Song-Cau jusqu'à Quan passage de la route de Bach Ninh à Cai Nguyen; à Chai-Nguyen le Song-Cau débite 1 à 2 mètres cubes; aux hautes eaux il peut atteindre 7m de hauteur et déborder 700^m à la seconde.

Le Song-Thuong a un régime encore plus torrentiel que

le Song-Cau : à Song-Hoa il y a des crues de 11 mètres en quelques heures; la marée se fait sentir jusqu'à Bo-Ma

Sur le Loch-Nam, la marée se fait sentir jusqu'à Lam.
Cours d'eau du Delta. Parlons d'abord des cours d'eau de la 1^{re} région ⁽¹⁾

La marée se fait sentir dans le Day jusqu'à quelques kilomètres au dessus de Phu-Ly; ce cours d'eau est un exutoire du fleuve Rouge qui ne commença à fonctionner que quand le niveau de l'eau atteignit la cote (+ 1.50); aux basses eaux pas une goutte du fleuve Rouge ne passe dans le Day; quand les eaux atteignent la cote (+ 7), le cube d'eau qui s'échappe par le Day peut être évalué à 1000^{m³} à la seconde.

La barre du Day est celle des barres des bouches du fleuve Rouge sur laquelle on trouve le plus d'eau; c'est par le Cua-Day que passent les bateaux qui vont de Nam-Dinh à Vinh.

Le canal de Phu-Ly verse une fraction (environ $\frac{1}{5}$) des eaux du fleuve Rouge dans le Day

Il en est de même du canal de Nam-Dinh dans lequel existe un marnage de 1^m 00 dû à la marée, avec renverse de courant au moment des basses eaux

Le Ninh-C est presque aussi important que le Cua-Ba-Lat.

Passons maintenant à la région N^o 11 (2)

Le Song-Calo qui se détache du fleuve Rouge, en face du Day, verse les eaux du fleuve Rouge dans le Song-Cau. Aux basses eaux la quantité d'eau qui passe ainsi est insignifiante; elle est d'environ 500^{m³} à la seconde au moment des hautes eaux. La marée se fait sentir jusqu'à une grande distance dans le Song-Calo, à 20 kilomètres environ de sa source du fleuve Rouge; mais il ne s'agit que d'un simple ralentissement dans la vitesse avec gonflement de quelques décimètres et sans renverse de courant

Le Canal des Rapides établit une communication entre le fleuve Rouge et le Trai-Binh, la quantité d'eau qui passe est faible au moment des basses eaux mais peut s'élever à 1000^{m³} environ au moment des hautes eaux. La marée se fait sentir aussi dans ce canal à une faible distance du fleuve Rouge; mais encore ici il ne s'agit que d'un simple marnage sans renverse de courant.

Le canal des Bambous qui établit enfin une troisième communication entre le fleuve Rouge et le Trai-Binh est situé entièrement

(1) Voir carte au $\frac{1}{500000}$ N^o 3
d'----- H^o 4

générale dirigée vers le Sud, la pente du delta du Chai-Binh est bien moins grande et ne semble pas avoir la même orientation. Ces deltas présentent sans doute de nombreux bas fonds et le passage d'un delta à l'autre ne se fait pas d'une façon régulière. Nous avons fait prendre des profils en travers le long du fleuve Rouge pour avoir le niveau des rizières au dessus des basses eaux du fleuve rouge et nous avons résumé ces constatations dans le tableau ci-dessous.

Emplacement ou des profils en travers ont été relevés	Hauteur des crues entre les digues	Hauteur des rizières au dessus des basses-eaux
Hong Hoa	7 ^m , 20	4 ^m , 75
Son-Cay	9 ^m , 00	4 ^m , 50
Quatre Colonnes	8 ^m , 00	4 ^m , 80
Hanoi	8 ^m , 50	3 ^m , 90
Nghi-Xuyen	8 ^m , 00	3 ^m , 50
Ham-Binh	2 ^m , 50	1 ^m , 00

Digues du Delta⁽¹⁾ Les digues sont peu élevées dans le bas Delta, elles ne dépassent guère 4^m 70 avec une moyenne de 2^m 80.

En remontant le fleuve elles s'élèvent à Hong Yen, à Hanoi, à Pontay elles atteignent 8 à 10 mètres. En amont de Hanoi, c'est à dire du confluent des trois rivières (Fleuve Rouge, rivière Noire et rivière Claire) la hauteur des digues diminue, elle n'est plus que de 3^m à 4^m à Hong-Hoa.

Ce que nous venons de dire de la hauteur des digues s'applique au delta du fleuve Rouge proprement dit.

Dans le Delta du Chai-Binh les digues n'atteignent jamais une hauteur aussi grande; tout au plus si elles atteignent la hauteur des digues du bas delta du fleuve Rouge et la presque totalité des digues du Delta du Chai-Binh doivent autant à mettre les rizières à l'abri du repoulement des eaux par suite de la marée à l'aval que des crues des fleuves à l'amont.

Vue générale du Delta

5 Après les explications précédentes, nous ne pouvons mieux faire pour donner une vue synthétique du Delta du Conkin que d'extraire d'une étude déjà ancienne⁽²⁾ de M^r Janet Ingénieur de la marine, le passage suivant, auquel nous n'avons fait que de très légères retouches.

« Il y a tout d'abord, à rappeler la division fondamentale

(1) Des considérations très plausibles conduisent à admettre que le zéro de l'échelle d'Hanoi est à 2^m 80 au dessus du niveau moyen de la mer par conséquent à 4^m 50 au dessus du zéro moyen des cartes. (2) Les cartes n° 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856, 857, 858, 859, 860, 861, 862, 863, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 895, 896, 897, 898, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 908, 909, 910, 911, 912, 913, 914, 915, 916, 917, 918, 919, 920, 921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928, 929, 930, 931, 932, 933, 934, 935, 936, 937, 938, 939, 940, 941, 942, 943, 944, 945, 946, 947, 948, 949, 950, 951, 952, 953, 954, 955, 956, 957, 958, 959, 960, 961, 962, 963, 964, 965, 966, 967, 968, 969, 970, 971, 972, 973, 974, 975, 976, 977, 978, 979, 980, 981, 982, 983, 984, 985, 986, 987, 988, 989, 990, 991, 992, 993, 994, 995, 996, 997, 998, 999, 1000.

« du Tonkin en deux deltas actuellement bien distincts; que les qu'ai
« pu être leur variations dans la suite des temps.

« Ces deux deltas sont:

« A - Au Nord, celui de Chai Binh, réunissant principalement
« les eaux du Song Cau, du Song Chuong et du Loch-Nam, drainant
« des bassins locaux dormant lieu à une masse d'eau relativement
« faible et à des crues que l'apport seul de ces cours d'eau rendrait
« peu importantes.

« Ces eaux se répartissent dans une zone proportionnellement
« très étendue dont le front de mer s'étend depuis le Cua Chai Binh
« jusqu'au Cua-Cam. C'est intentionnellement que j'en exclue le
« Cua-Nam-Criou qui fonctionne entièrement comme un bras de mer
« et non comme rivière.

« Il en résulte.

- « 1° une pente des eaux et des courants propres faibles
- « 2° des courants de marée, considérables et une très grande
« pénétration dans l'intérieur non seulement de l'intumescence de marée
« mais même de la renverse du courant. (Les canonniers existent à la
« marée jusqu'à Lam à 150 Kilomètres environ de l'embouchure
« la plus proche.)
- « 3° La prédominance de l'eau salée dans le lit fluvial jusqu'à
« une très grande distance. (Il faut remonter jusqu'aux Sept-pagodes
« pour être assuré d'avoir tous les jours de l'eau douce dans le fleuve
- « 4° Enfin et surtout la très faible importance des alluvions amenées
« par les eaux appartenant en propre à ce bassin; la beauté des eaux
« vertes en amont des Sept-Pagodes ne manque jamais de frapper
« vivement ceux qui arrivent en remontant les eaux boueuses des
« estuaires.

« B Au sud, celui du fleuve Rouge amenant, grossi encore
« par la rivière Noire et la rivière Claire, un fleuve qui débite des
« masses d'eau considérables provenant d'un bassin fort étendu dont
« le drainage donne lieu à de grandes crues. Ces eaux se répartissent
« dans une zone proportionnellement peu étendue dont le front de
« mer proprement dit s'étend depuis le Cua-Day jusqu'au Cua-
« Dien-Ho; il envoie de plus vers le bassin du Chai Binh, de
« véritables affluents, le Song-Calo, le canal des Rapides, le canal des
« Bambous.

« Les conséquences naturelles de cette situation, inversement
« inverse de celle du Delta du Chai-Binh, sont nécessairement
« des conditions inverses savoir:

- « 1° Une pente des eaux considérable et des courants propres très
« forts

2° Des courants de marée qui, fortement influencés par le courant fluvial, ne sont sensibles qu'à proximité des embouchures. « très faible pénétration, non seulement de la renverse du courant qui ne se fait jamais sentir ni à Phu-Ly, ni sur le Day (à 80 Kilomètres de la mer) ni au poste des bambous sur le fleuve à (60 Kilomètres de la mer) ni même à Phu-Ninh-Giang sur le canal des Bambous à 40 Kilomètres de la mer! » alors qu'à proximité, le flot venu par le Chai-Binh, après un trajet de 90 Kilomètres, renverse à Luc-Dieu près du Day-Day, mais encore de l'intumescence du flot qui, très faible des bambous à Hong-Yen en basses eaux, y passe entièrement inaperçu lors des crues.

3° La prédominance de l'eau douce dans le lit fluvial jusqu'à proximité presque immédiate de la mer.

4° L'immense volume des alluvions résultant de la grandeur de l'aire drainée et qui, par leur accumulation constante au point d'embouchure primitif, depuis la formation du fleuve Rouge comme affluent du golfe géologique du Tonkin ont, en relevant ce point, voisin de Tontay et de Hong-Hoa, produit la pente considérable du bas fleuve.

« Ce sont ces alluvions en suspension qui donnent à tous les cours d'eau du Delta du fleuve Rouge leur couleur si caractéristique et qui, pénétrant dans le delta du Chai Binh par des communications entre les deux régions, souillent la partie inférieure de ses rivières »

§ 2 - Météorologie du Delta

Température d'Hanoi

6. - De milieu Novembre à milieu avril la température est en général inférieure à 20°; elle descend même en janvier, février, première quinzaine de mars beaucoup au dessous de cette limite et atteint parfois 7° à 8°. C'est la saison d'hiver à la fin de laquelle se produit ce qu'on appelle le "crachin" (maximum en février) au moment du crachin le ciel est couvert par des nuages et l'atmosphère est remplie par des vesicules d'eau qui rappellent Londres les jours de brumillard et couvrent tous les objets d'une humidité pénétrante fort désagréable.

De milieu avril à milieu novembre la température est supérieure à 20° et même à 25°; elle se tient souvent voisine de 30° et atteint même quelquefois 35°. C'est la saison d'été ou saison chaude.

Etat hygromé- L'état hygrométrique est toujours fort élevé dans le Delta; l'aridité
trique à Hanoi est souvent voisin de son point de saturation: c'est ce qui fait que la
 chaleur y est si pénible à supporter, quoique la température pendant
 la saison chaude ne dépasse guère 33° à 35° .

Pression baromé- 8. En été, la pression barométrique est inférieure à 760^{mm} ; elle
trique dépasse 760^{mm} en hiver.

Pluies

9. Nous donnons pièce n^o 12, les hauteurs de pluie tombée dans les
 différentes journées de 1894 (il tombe en moyenne $1^{\text{m}}50$ de hauteur de
 pluie par an).

Comme on le voit l'été est la saison des pluies et l'hiver même
 au temps du crachin est la saison sèche. En été les fleuves sont
 en crue, tandis qu'en hiver ils sont à l'étiage; ce sont là des
 particularités d'une importance capitale parce qu'elles commandent les
 diverses phases de l'agriculture annamite.

Quelles relations existent entre les hauteurs de pluies tombées et
 les crues des fleuves et rivières du Tonkin? - Les renseignements que nous
 possédons sont encore trop peu nombreux pour permettre de débrouiller
 ces relations. Tout ce qu'on peut dire c'est que d'une façon générale,
 après une pluie abondante, il y a une montée générale des eaux plus
 ou moins rapide, suivant le caractère plus ou moins torrentiel du cours
 d'eau considéré.

Vents

10. - Pendant la saison chaude, les vents dominent du SE parfois
 du SO; mais ils sont variables en force et en direction. Pendant la
 saison froide, les vents halent du Nord et la mousson de NE s'établit
 graduellement.

Evaporation

11. Nous possédons peu d'expérience sur l'évaporation des nappes
 d'eau plus ou moins étendues; nous n'en possédons pas du tout sur
 les variations de l'état hygroscopique des différents sols végétaux.

Nous admettons une perte journalière de 12^{mm} par 24 heures
 dans les mois chauds et de 5^{mm} dans les mois d'hiver.

§ 5 Géologie du Tonkin - Constitution du sol du Delta. - Nature des eaux et du limon du fleuve Rouge

Constitution du sol du Delta

12. - Le sol du Delta du Tonkin est formé par les dépôts
 d'alluvions du fleuve. Dans le forage d'un puits de 100^{m} de profondeur
 à Hanoi en vue de l'alimentation de cette ville en eau potable, on
 n'a trouvé le gravier mélangé de petits galets qu'à 40 mètres de profondeur.

et le calcaire solide, qui à 60 mètres. Et Hanoi, la prise d'eau de Yen-Dinh va chercher l'eau à 40 mètres de profondeur environ dans une couche de gravier mélangée de petits galets

Dans jusqu'à la côte (-40) le sol du Delta est composé de couches alternatives d'argile et de sable plus ou moins mélangés l'un avec l'autre

La couche de terre végétale qui constitue le sol cultivable du Delta est en général, composée d'une argile limoneuse. Il n'a pas encore été fait d'analyses sérieuses des sols que l'on rencontre dans les diverses régions du Delta. (2) nous pensons toutefois que la terre du Contain contient beaucoup de silice, d'alumine et d'oxyde de fer et renferme très peu de chaux et sans doute des traces seulement d'acide phosphorique.

Eau du fleuve Rouge

13. L'analyse des matières dissoutes dans l'eau du fleuve Rouge à Hanoi a donné les résultats suivants, aux basses eaux, les chiffres sont donnés en grammes par litre d'eau:

Degré hydrométrique	9°
Bi-carbonate de soude	0 gr. 06
Sulfates	traces très faibles
Chlorure de Sodium	0 gr. 01
Magnésie	0 gr 20
Matières organiques solubles moins de	0 gr 025

Limon du fleuve Rouge

14 L'évaluation de la quantité de limon charrié par les eaux du fleuve Rouge et l'analyse de ce limon ont été faites par M. le pharmacien en chef de l'hôpital d'Hanoi et ont donné les résultats suivants

Analyse du limon du fleuve Rouge devant Hanoi, le 21 mai 1896 côte (+ 2.10)

Un mètre cube d'eau a donné 555 gr. de limon d'épêché à 100°

Passé au tamis de 1^{mm} de maille ce limon a laissé 1 gr 76 de résidu contenant 0 gr 27 de matière organique

Les résultats de l'analyse de la terre fine sont:

Matières organiques, eau, acide carbonique	5 gr 53
Anhydride phosphorique	0, 11
Chaux	1, 64
Magnésie	0, 64
Potasse	1, 34
Soude	0, 64
Alumine, oxyde de fer (par différence)	12, 77
Silice	77, 33

400.00

(2) Nous donnons pièce N° 13 le résultat de ces sondages, dans ces sondages, l'eau est remontée au niveau du fleuve, ce qui montre qu'il ne faut pas compter sur des nappes artésiennes pour l'irrigation du Delta.

§ 4 - L'Agriculture dans le Delta du Tonkin

caractères primitifs de l'agriculture annamite

15 - Comme le porte le titre de ce chapitre, il ne sera question dans ce qui suit que de l'agriculture dans le Delta; nous ne nous occuperons pas de la région mamelonnée qui entoure le Delta, quelque intéressante que soit cette région, où l'on peut cultiver le café, le thé, etc de...; à plus forte raison ne dirons nous rien de la région du haut Tonkin généralement couverte de forêts, de bambous, de lianes ou de brousse.

Il n'existe pas au Tonkin de statistique agricole permettant de donner la production de chaque province au point de vue des diverses cultures; les quelques chiffres que nous pourrions donner seraient forcément très approximatifs.

Pour donner une idée sommaire de la succession des phénomènes agricoles dans le Delta Tonkinois nous ne saurions mieux faire que de renvoyer au tableau qu'en a dressé en 1887, un ancien résident du Tonkin dans son "calendrier agricole annamite" qui reproduit maintenant tous les ans l'annuaire officiel du Tonkin⁽¹⁾

L'agriculture annamite ne connaît pas en général les procédés scientifiques et perfectionnés de l'agriculture moderne; les instruments sont simples et primitifs. Elle ne pratique pas les sélections savantes.

Si les engrais ne sont pas inconnus, ils sont employés sur une très faible échelle: ils consistent dans les déjections des buffles ou des vaches et dans l'emploi de poudrette sèche provenant de déjections animales.

Quant à l'irrigation annamite, c'est une irrigation de peuple enfant, ignorant les procédés grandioses que la civilisation arabe et la civilisation européenne ont développés plus ou moins récemment dans les irrigations d'Espagne, des Indes et de l'Égypte.

Instruments employés pour les irrigations par les Annamites depuis plus de 2000 ans

16 - Les annamites pratiquent les irrigations au moyen des instruments suivants: le gâi gâi, le gâi song et la roue élévatrice.

Le gâi gâi rappelle le nassal d'Égypte. Il est manœuvré par deux hommes; il sert à élever l'eau de 0^m 50 à 0^m 60 de hauteur et donne de 4 à 5 mètres cubes à l'heure.

(1) C'est une lacune regrettable; il serait à désirer que la France possédât un laboratoire d'analyses agricoles des terres et des engrais. Voici pourtant une analyse de terre faite par M. Spécker, pharmacien des colonies à la ferme Gobert à quelques kilomètres d'Hanoï, entre le fleuve Rouge et le canal des Rapides:

(2) L'année agricole dans le Delta du Tonkin par M. Gomin, Résident de Son-Tay dans le bulletin du Comité d'Etudes créé par Paul Bert

Humidité	21.000
Potasse	0.091
Soude	0.098
Carbonate de chaux	0.998
Acide phosphorique	traces
Azote dans le sol humide	0.028
Ammoniaque	0.084
Fer oxydrique	2.000
Alumine	5.040
Chaux	8.900
Matières minérales	69.961
	100.000

Le gāu song est manœuvré par un seul homme; il sert à élever l'eau à 0^m 30 de hauteur; il débite à raison de 2 à 3 mètres cubes à l'heure; souvent on rencontre tout une rangée de gāu song élevant simultanément l'eau d'un champ dans l'autre. Pour irriguer les rizières situées à un niveau élevé, il y a des relais successifs.

La roue élévatoire sert surtout en dehors du Delta.

Les annamites n'emploient pas d'instruments permettant d'élever l'eau à une assez grande hauteur: comme le chadouf, le sârié, etc... en usage en Egypte, la picole, la cuppilay, etc...; employées aux Indes

Culture du Riz

17 - La culture la plus importante du Delta, celle pour l'amélioration de laquelle il y a lieu de consacrer tous nos efforts est la culture du riz.

En Cochinchine, on commence par faire un semis préalable à la volée sur un terrain facile à irriguer; ce semis s'effectue généralement du 1^{er} au 20 Juillet; la jeune plante est bonne à repiquer au bout de 45 jours au maximum soit du 20 Août au 10 Septembre. La récolte a généralement lieu à la fin de la saison des pluies, c'est-à-dire en Novembre-Décembre.

Il n'y a en Cochinchine qu'une seule récolte par an; cette récolte est toujours assurée et toujours belle à cause de la régularité de la saison des pluies qui irriguent abondamment les rizières⁽³⁾.

au Tonkin, les conditions sont toutes différentes de celles de la Cochinchine; le climat y est très variable, les saisons sèches et pluvieuses ne sont pas nettement tranchées comme en Cochinchine; en effet, si la saison des pluies peut se définir généralement de mai à fin septembre, cela n'empêche pas qu'il pleuve un peu aux autres époques: en janvier, février, mars, jusqu'en Avril, il tombe une petite pluie fine continue appelée "crachin" sur lequel les annamites comptent beaucoup pour la récolte rizicole de juin; pendant cette saison d'hiver: novembre, décembre, Janvier, quelquefois jusqu'en mars, le thermomètre descend jusqu'à 7° et 8° centigrades au dessous de zéro et sa moyenne est de 12 à 18° au dessus de zéro.

Ces causes diverses apportent donc quelques modifications à la culture du riz au Tonkin; il y a d'abord la récolte du dixième mois annamite (novembre) qui correspond à l'unique récolte de Cochinchine et qui est généralement la récolte la plus importante faite pendant la saison des pluies; mais il y a de plus en certains points bas du Delta (Chai Binh, Nam Binh, Ninh Binh, etc...) une deuxième récolte qui a lieu généralement au troisième mois annamite (juin). D'après leur situation au point de vue du régime des eaux les terres sont à deux récoltes à la fois ou seulement à une seule récolte du 10^e mois ou du

(1) Voir irrigation en Egypte sur Bardo, bulletin de l'hydraulique agricole, 1897, fascicule II, et irrigation aux Indes de l'Égypte, annales des Ponts et Chaussées 1869. - Les annamites connaissent bien le chadouf et la picole, mais l'emploient peu.

(2) Nous renvoyons au manuel des cultures tropicales du docteur Raoul pour les détails sur les cultures en Extrême-Orient.

(3) Ces systèmes d'irrigation ont

5^e mois; prévenons de suite qu'il ne faudrait pas se faire illusion sur la production des terres à deux récoltes: tandis qu'en Cochinchine, un hectare de rizières donne de 2000^{kg} à 2500^{kg} de paddy, au Tonkin, les bonnes rizières donnent seulement 900^{kg} à 1000^{kg} par récolte, soit pour les deux récoltes une moyenne de 1800^{kg} à 2000^{kg} (1)

La question des terrains à deux récoltes et des terrains à une seule récolte soit du 5^e mois, soit du 10^e mois, est intimement liée à la question des irrigations. Voici une vue générale qui montre assez exactement comment les choses se passent

Conditions actuelles des irrigations dans le Delta. - Comme nous l'avons expliqué tous les grands cours d'eau du Delta sont enserrés dans des digues qui décomposent la surface du Delta en autant de vastes casiers. Dans les provinces du bas Delta ces digues ne sont pas très hautes et les casiers qu'elles ensèrent sont couverts d'arroyos communiquant à travers elles avec les grands cours d'eau: il en résulte que dans ces provinces, même en hiver, il y a de l'eau dans les nombreux arroyos qui sillonnent le pays, cette eau est à un faible niveau au dessus de terres et les petits moyens d'irrigation amamités sont suffisants pour assurer une irrigation convenable pendant la saison d'hiver, autant que pendant la saison d'été de façon à assurer la récolte du 5^e mois ainsi que la récolte du 10^e mois.

Dans le haut Delta au contraire les digues deviennent très hautes; la construction rudimentaire des amamités a renoncé à établir des ouvrages d'art de prise d'eau à travers ces hautes digues, en sorte que dans le haut Delta les casiers n'ont pour toute irrigation que l'eau des pluies qui tombe plus ou moins régulièrement pendant la saison chaude eau de pluie qui séjourne dans des arroyos sans issue; il en résulte que dans ces provinces l'irrigation n'est possible que pendant l'été, et que dans certaines parties l'eau de pluie, ne trouvant pas alors d'écoulement séjourne et empêche la récolte du 10^e mois; il est vrai qu'en général pendant la saison d'hiver, ces dernières parties ont la quantité d'eau suffisante pour permettre la récolte du riz au 5^e mois, tandis que le restant de ces provinces n'a pas assez d'eau pour la récolte du 5^e mois

En résumé terres à deux récoltes dans les provinces du bas Delta couvertes d'arroyos communiquant avec les grands cours d'eau et ayant le niveau de l'eau à une faible hauteur au dessus du sol;

L'eau de pluie et non avec une eau chargée de limon, comme l'eau du Nil, à l'inconvénient de ne pas apporter à la terre d'engrais reconstituants. Nous ne connaissons pas la Cochinchine, mais nous croyons savoir que les vieilles rizières de Cochinchine devenaient de moins en moins productives et que l'on s'occupait d'améliorer la qualité des semis; la diminution du rendement de ces rizières ne tient elle pas à l'appauvrissement des terres?

(1) Le chiffre que j'ai donné de 900 à 1000 kilos est peut être un peu bas et non par hectare (le mou vaut 3600^{kg})

terres à une récolte du 10^e mois dans les parties les plus élevées des provinces du Haut-Delta, lesquelles ont des digues très élevées non munies de prise d'eau;

terres à une récolte du 5^e mois dans les parties basses et terres à deux récoltes dans les parties intermédiaires

Bien entendu, il ne s'agit là que de vues générales qui n'ont rien d'absolu et qui il convient de compléter par l'introduction de nombreuses conditions accessoires quand on veut entrer dans le détail.

Cultures autres que le riz (1)

18. Plantes alimentaires autres que le riz. -

Les plantes alimentaires autres que le riz qui sont cultivées au Tonkin sont le maïs qui remplace le riz chez l'annamite pauvre; le dolique qui est très répandu dans tout le delta; la patate qui est pour ainsi dire la pomme de terre annamite que vient dans tous les sols et qui est une ressource en temps de disette de riz; il y a deux récoltes de patates par an, l'une en avril, l'autre en octobre.

Les ignames, culture très épuisante qui ne peut réussir deux années consécutives dans le même terrain;

le manioc dont l'espèce paraît être la même que celle d'Amérique etc etc.

Il y a beaucoup de plantes alimentaires qui n'existent pas encore au Tonkin et qui s'y acclimateraient admirablement: l'arrowroot, les sorghos, le tapioca, etc etc... Depuis l'occupation française les légumes d'Europe sont cultivés avec succès pendant la saison d'hiver.

Plantes fourragères. - Il existe quelques espèces de plantes fourragères dans le Delta; mais les Annamites y prêtent peu d'attention. Il serait possible en introduisant certaines espèces de plantes fourragères telles que l'herbe du Para, par exemple, et en aménageant convenablement les eaux, de développer beaucoup la culture des prairies au Tonkin et de s'occuper sérieusement de l'élevage du cheval et des animaux de boucherie.

Plantes textiles. - Le coton cultivé au Tonkin est un coton à courte soie, inférieur au coton d'Égypte et d'Amérique. Cette infériorité tient aux déficiences de la culture annamite; des procédés plus perfectionnés, des irrigations appropriées permettraient sans doute d'améliorer le coton du Tonkin.

La soie, le jute, le chanvre sont indigènes au Tonkin; il y aurait lieu seulement d'en perfectionner la culture.

(1) Ces renseignements sont tirés d'un Rapport sur l'agriculture au Tonkin par M^r Martin, Directeur du Jardin Botanique d'Annam, Rapport qui a été publié dans le journal, l'Indépendance Indochinoise, en Juin - Juillet 1892.

Il serait possible d'introduire au Tonkin beaucoup d'autres ²¹ plantes textiles notamment l'abaca qui est une source de richesse pour l'annamite. Il n'existe pas à proprement parler de grandes plantations de tabac au Tonkin. Plusieurs provinces s'adonnent à cette culture principalement la province d'Haïphong où les diverses cultures couvrent une étendue d'environ 1000 hectares. La culture du tabac pourrait subir une grande extension.

Mûrier. - Le mûrier est cultivé sur une assez grande échelle par les annamites pour la nourriture du ver à soie. Il y aurait lieu comme pour les autres cultures de lui appliquer les procédés plus perfectionnés de l'agriculture européenne et de s'occuper également de l'amélioration des races de ver à soie.

Canne à sucre. La canne à sucre indigène est de qualité inférieure; les plants cultivés en plein champ n'ont pas un diamètre de plus de 2 à 3 centimètres. Cette canne à sucre ne sert que pour les besoins locaux; le plus généralement le cultivateur annamite n'extraît le sucre que sous forme de mélasse et le vend ainsi à des industriels annamites ou chinois qui en font de la cassonade.

Café. Plusieurs essais de plantations de café ont été entrepris au Tonkin par des colons français, il convient d'attendre quelques années pour se prononcer sur ces essais dont quelques uns pourtant semblent déjà donner de bons résultats. Ces essais ont été faits surtout sur des mandchous à la limite du Delta.

Le papayer, le vanillier, le cacaoyer viendraient, paraît-il très bien au Tonkin.

Les petites plantations de betel et d'arequier sont très répandues dans le Delta.

Plantes oléagineuses. L'arachide, le sésame, le ricin, le camélia sont très fréquents au Tonkin.

Plantes tinctoriales. - Enfin, les plantes tinctoriales sont très nombreuses au Tonkin; nous citerons notamment l'indigofer, le carthame, le curcuma, etc etc (1)

(1) Nous renvoyons à la 2^e partie du rapport de M. Martin sur les cultures dans la haute région du Tonkin.

§ 5 - Amélioration agricoles à réaliser en modifiant le régime des eaux

Statistique des inondations, sécheresses etc, etc, de 1808 à 1896

19 Les deux fléaux de l'agriculture au Tonkin sont les inondations par ruptures de digues, l'excès ou le manque d'eau de pluie; nous ne parlons pas ici, bien entendu, des fléaux qui peuvent être redoutés au point de vue agricole comme l'apparition de certains vers ou insectes parasites. Le Hinh-Luc au Tonkin nous a fourni le résumé ci-après de l'histoire des inondations, sécheresses, famines, etc arrivées dans le Delta de 1808 à 1896.

Règne	Année	Mois	Année	Observations sur les causes des calamités
Gia Long	7 ^e	9 ^e	1808	Il y eut une forte tempête ou orage qui ravagea les récoltes et en perdit 7 sur 10. Il est probable que cette tempête est traduite par des ruptures de digues.
d ^e	8 ^e	8 ^e et 9 ^e	1809	Grande sécheresse - affreuse famine. Belle gamine que dix tiens (2 ^e de ligature) achetaient un bol de riz (bol officiel) marquée officielle qui vaut six bols ordinaires c'est-à-dire une ligature (10 tiens) achetait 10 bols ordinaires, de six : encore meilleur marché que maintenant. La cause de cette famine est due à la sécheresse et à l'absence d'irrigations.
Minh Mang	1 ^{ère}	9 ^e	1820	Choléra sévit, la perte humaine fut nombreuse. Nous ne savons pas s'il y a eu des inondations ou de la sécheresse.
d ^e	4 ^e 5 ^e	8 ^e et 9 ^e	1823 1824	Grande sécheresse et famine. Une ligature (10 tiens) acheta 5 à 10 bols ordinaires de riz. Pendant deux années consécutives la famine fut due à la sécheresse.
d ^e	7 ^e	6 ^e	1826	Grande sécheresse, on n'avait de pluie qu'en 9 ^e mois. Le fléau cette année fut la sécheresse.
d ^e	20 ^e 21 ^e	.	1830 1840	Choléra sévit - la perte humaine fut nombreuse. Nous ne savons pas à quelle cause attribuer le choléra.
Zu-duc	2 ^e	"	1848	Choléra perdit une grande quantité de mortalité. d ^e
d ^e	18 ^e	8 ^e	1864	Grande sécheresse - Une grande quantité de deuil humain pour de pain. Sécheresse.
d ^e	20 ^e	5 ^e	1866	Grand ouragan ou typhon avec fortes pluies - grands ravages surtout dans les régions près de la mer, hommes et animaux périrent beaucoup. Il y a eu probablement ruptures de digues particulièrement le long de la mer.
d ^e	7 ^e	"	1853	Des vers curieux (spécialement appelés spiterelles) ravagèrent les récoltes et les plantations - Grande famine régnait dans la population. Fléau important au point de vue agricole mais nous ne savons pas si le développement des vers a quelque relation avec la sécheresse ou l'humidité.
d ^e	17 ^e	"	1863	Choléra perdit une grande quantité de mortalité. Nous ne savons pas la cause.

1) C'est nous qui avons ajouté la colonne relative à l'année & régime et la dernière colonne " Observations".

Règne	Année	Mois	An de cycle	Année	Observations sur les causes des calamités	
Tu-duc	24 ^e	6 ^e	Jan-Min	1870	Ruptures des digues, moitié du Delta (moitié des provinces du delta) qui inonda. La population était affamée.	Ruptures des digues
— di —	28 ^e	6 ^e	At Hoi	1874	Le fluve rompit des digues. Le choléra sévit des habitants mourut beaucoup.	— di —
— di —	32 ^e	7 ^e	Ky Hào	1878	Rupture des digues sécheresse. Choléra nombreuses morts. Cité périt.	— di —
— di —	34 ^e	8 ^e	Tan-Ty	1880	Grand typhon avec pluies. Fit tomber des maisons au-dessus des barques, ravagea les campagnes. Des habitants en périrent.	Typhon qui a dû amener des ruptures des digues
— di —	36 ^e	7 ^e	Qui Ti	1882	Ruptures des digues	Rupture des digues
Dong-Khanh	3 ^e		Màn Ty	1887	Choléra, famine petite.	Nous ignorons la cause. Sécheresse
Thanh-Nhai	1 ^e		Ky Sui	1889	Choléra	
— di —	2 ^e	6 ^e	Canh Dàn	1890	Rupture des digues et population affamée.	Rupture des digues
— di —	5 ^e	7 ^e	Qui Ty	1893	Rupture des digues. Disette. inondation se fit presque partout.	— di —
— di —	6 ^e		Giáp Ngo	1894	Choléra ruptures partielles. — Perte partielle des récoltes.	— di —
— di —	7 ^e		At Ty	1895	Grande et longue sécheresse sans pluie. Récolte diminuée. — Riz un peu cher.	Sécheresse
— di —	8 ^e	1 ^e 2 ^e 3 ^e 4 ^e	Binh Trâm	1896	Grande famine et longue. Choléra commence.	

Inondations causées par les crues des fleuves

20 - Les inondations viennent à la suite de ruptures de digues. Ces ruptures sont extrêmement fréquentes comme le montre le tableau précédent, elles se produisent au moment des crues et viennent détruire la récolte de riz du dixième mois.

Pour donner une idée de la grandeur de ce fléau, nous donnons (pièce n°15) la carte des inondations en 1893 qui fut une année spécialement calamiteuse à ce point de vue; des provinces furent sous l'eau pendant des mois entiers et il fallut attendre la fin de la saison des hautes eaux pour pouvoir par des coupures de digues assécher complètement les casiers formés par ces digues.

Il est vrai que certaines personnes considèrent ces ruptures de digues comme un bienfait pour le pays; nous avons, en effet, entendu soutenir par des gens très au courant des choses du pays, la thèse suivante: le Delta du Tonkin est un ensemble de casiers limités par des digues analogues aux bassins d'inondation de l'ancienne Égypte.

la différence entre les deux pays tient simplement à ce qu'en Égypte l'introduction de l'eau dans les bassins d'inondation se faisait systématiquement, par des ouvertures choisies à l'avance, qu'on ouvrait en temps voulu, tandis qu'au Tonkin cette introduction se fait à des points et à des moments non prévus, par accidents, ce qui occasionne des troubles locaux, et est certainement inférieur au système pratique en Égypte. Évidemment, disent ces personnes, dans le voisinage des ruptures de digues, le fleuve couvre le sol d'un sable non fertilisable; mais le restant du pays inondé est couvert à la fin de l'inondation d'un limon fertilisant qui régénère le sol du Delta; le jour, ajoutent ces mêmes personnes, où les ruptures de digues ne se produiront plus, le sol du Delta s'appauvrira si on ne lui redonne pas par d'autres moyens, par des engrais par exemple, des éléments réparateurs. À notre avis il y a une certaine part de vérité dans cette thèse qui paraît à première vue paradoxale, et comme nous le verrons, il convient de combiner la suppression des inondations avec un système complet d'irrigation avec l'eau limoneuse du fleuve Rouge.

Inondations par
défaut d'écoulement
des eaux de pluie
en Été

21 - Il existe des régions couvertes d'eau pendant la saison des pluies qui ne peuvent pas donner la récolte du 10^e mois; si l'eau de pluie ainsi accumulée avait son écoulement il serait possible d'étendre la surface des rizières cultivées pendant l'été et qui donneraient à la fois la récolte du 5^e mois et celle du 10^e mois.

Sécheresse par suite
de la non production
des pluies en été

22 - Le tableau que nous avons donné plus haut montre que les famines les plus redoutables viennent à la suite des années de sécheresse ou la saison des pluies ne se produit pas en été comme elle devrait se produire normalement. C'est ce qui s'est produit l'année dernière et c'est ce qui a été la cause de la disette de riz cette année.

Et pourtant malgré la sécheresse, la crue du fleuve Rouge se produit plus ou moins forte et c'est véritablement une ironie des choses que de voir l'eau limoneuse et fertilisante du fleuve Rouge aller se perdre dans la mer pendant que, dans la partie supérieure du Delta tout au moins, les rizières s'assèchent que la terre se fendille et que la récolte du 10^e mois est perdue.

Il serait alors si facile d'irriguer les rizières puisque à ce moment l'eau du fleuve est à un niveau supérieur au sol de ces rizières et que de simples prises d'eau dans les digues (ou barrage ou siphons) suffiraient pour déverser de l'eau en abondance.

Irrigation d'hiver
à créer

23 - À notre avis, il y aurait lieu d'aller plus loin dans la voie des irrigations.

Non seulement il conviendrait, suivant nous, d'assurer

la récolte du 10^e mois contre les sécheresses, hélas; si fréquentes, mais il y aurait encore lieu d'assurer partout, au moyen de l'eau du fleuve Rouge, la récolte du 5^e mois, pendant la saison d'hiver qui est la saison sèche. Mais comme nous le verrons plus loin, le problème devient considérablement plus difficile, car alors l'eau du fleuve Rouge est à plusieurs mètres au dessous des rizières et il faut avoir recours à des ouvrages grandioses dont il existe peu d'exemple dans le monde.

Évaluation de la production actuelle du riz et des augmentations qui résulteraient de travaux d'hydraulique agricole appropriés

24 - Nous voudrions traduire par des chiffres précis ce que la fortune publique du pays gagnerait:

- 1^o - Si on mettait le Delta à l'abri des ruptures de digues et des inondations.
- 2^o - Si on le garantissait des sécheresses d'été par des prises d'eau faites dans le fleuve.
- 3^o - Si on assurait l'évacuation des eaux de pluie des terrains bas pendant la saison des pluies par des travaux de dessèchement.
- 4^o - Si on lui assurait des irrigations pendant l'hiver c'est-à-dire pendant la saison sèche avec l'Eau du fleuve Rouge.

Chapitre I

Travaux contre les inondations causées par les crues des fleuves

§ 1 - Suppression des digues

Pour se mettre à l'abri des crues de l'été, les ammanites ont construit dans le Delta des digues le long de leurs fleuves, Nous renvoyons à un de nos autres rapports pour la description des principales digues et pour l'historique de leur création; dans cet historique nous donnons également les renseignements que nous avons pu recueillir sur les arroyos qui ont été fermés par des ammanites et dont la suppression a pu avoir une répercussion sensible sur le régime hydraulique du Delta.

Erreurs des perso-
nnes qui demandent
la suppression des
digue

25 - Malheureusement au Tonkin pour le fleuve Rouge comme en Italie pour le Pô et en France pour la Saône la lutte contre la nature dure depuis des siècles et l'homme s'est quelquefois pris de découragement en considérant l'énorme effort dépensé en regard du faible résultat obtenu. Certains esprits révolutionnaires en sont arrivés de nos jours à demander la suppression des digues⁽¹⁾.

Pour demander cette suppression, on a couvert la chose d'un grand mot, le colmatage et voici ce qu'on entend dire couramment par les partisans du colmatage: « depuis l'établissement des digues au Tonkin, le fleuve Rouge ne répand plus son limon bienfaisant sur tout le Delta; ce limon se dépose entre les digues, encombre et exhausse le lit du fleuve, il en résulte affirme-t-on, en premier lieu que même aux basses eaux le niveau de l'eau dans le fleuve est au dessous des rizières environnantes; en second lieu que plus l'on va, plus le niveau des crues s'élève exigeant des digues de plus en plus élevées. Regardez, dit-on, le niveau des berges et des îlots compris dans le lit majeur du fleuve: ce niveau dépasse souvent de plusieurs mètres le niveau des rizières environnantes; et bien! le jour où le fleuve aura la

(1) Ce sont toujours des Européens qui ont demandé cette suppression; les quelques autorités ammanites qui ont paru se rallier à cette opinion, l'ont fait, croyons-nous par déférence envers les Français, peut être même par suite d'un respect inconsidéré à l'égard de la science occidentale qui après tout, présente à des solutions si peu inconnues.

faculté de s'épandre sur tout le pays, il le fécondera, les rizières se coloniseront et dans un avenir plus ou moins lointain le fleuve coulera dans un lit encaissé dont il ne sortira que peu ou pas au moment de la saison des crues.»

Nous allons essayer de montrer la suite d'erreurs qui résultent des assertions précédentes.

1^o Le lit du fleuve Po ne s'échauffe pas avec la rapidité que certaines personnes se plaisent à l'imaginer; cet échauffement existe sans doute comme pour toutes les rivières à fond mobile, mais il est très lent et aucune donnée positive ne nous permet de l'évaluer. Certainement les personnes dont nous combattons l'erreur se laissent tromper par des phénomènes locaux qui se produisent dans les rivières à fond mobile et à chenal variable ou en certains points des apports considérables se produisent faisant croire à un échauffement général du lit du fleuve. Il est absolument fautive qu'en aucun point de son parcours le fleuve soit en l'air au moment des basses eaux, ce serait trop beau véritablement, comme nous le verrons plus loin et cela rendrait singulièrement facile les irrigations d'hiver.⁽¹⁾

2^o En ce qui concerne l'élévation croissante du niveau des crues et de la nécessité qui en résulte de surélever de plus en plus la hauteur des digues, il convient de faire remarquer que nous sommes seulement depuis trop peu longtemps dans le pays, pour avoir pu réunir des documents en nombre suffisant pour être en état de conclure: l'examen critique minutieux auquel nous avons soumis les documents existants nous ont montré que les conclusions que nous avons rappelées plus haut sont absolument prématurées.

Et puis d'ailleurs, ces conclusions seraient vraies qu'il conviendrait de les interpréter:

Sur le Po on a constaté de 1705 à 1839, un échauffement progressif des crues et l'on s'était demandé si cet échauffement allait continuer, il n'en a rien été; l'éminent ingénieur italien Lombardini a donné très finement l'explication de ce phénomène⁽²⁾: de 1705 à 1839 on a perfectionné le réseau des digues du Po, le nombre des ruptures est allé en diminuant jusqu'à devenir nul; en même temps que le nombre des brèches diminuait, la hauteur des crues augmentait jusqu'à atteindre vers 1839 sa hauteur maxima correspondant à la disparition des brèches. Eh bien! donc de même au Tonkin si nous donnons plus de soins aux digues dans l'avenir, si nous diminuons le nombre des ruptures, nous ne devons pas nous effrayer de l'augmentation

⁽¹⁾ Nous avons lu dans un auteur traitant de la fixation des digues (Joyet dans le journal "Avenir du Tonkin" 1893) que le sol du Delta se colonise assez vite (nous verrons plus avec la même lenteur) que le lit du fleuve; d'ailleurs ce auteur les dépôts de toutes sortes, les résidus agricoles les débris végétaux etc surhaussent lentement mais sûrement la surface du Delta. ⁽²⁾ Voir les mémoires de M. Comoy, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, qui ont pour source originelle dans les annales des Ponts et Chaussées en 1857.

de la hauteur des crues : le jour ou il n'y aura plus des ruptures, le niveau maximum sera atteint

3° - On se trompe étrangement en croyant que si on supprimait les digues du fleuve Rouge, le pays se colmaterait uniformément, rapidement et à la hauteur des berges actuelles du fleuve. Ce colmatage se ferait beaucoup plus lentement et à un niveau beaucoup plus bas puisque les eaux répandues monteraient seulement de quelques décimètres; mais l'objection la plus sérieuse est que nous craignons que ce colmatage ne se fasse pas uniformément: dans sa partie non endiguée un peu en amont de Koung-Hoa, le fleuve Rouge colmate ses bords sur un kilomètre au deux; il est probable que dans le delta le phénomène serait analogue; le pays n'étant pas colmaté uniformément et n'ayant d'ailleurs pas actuellement un nivellement régulier nous redouterions la transformation du pays en un vaste marécage, ce qui était sans doute l'état du Delta quand la race amantite a commencé à s'y établir (1)

Suppression partielle des digues

- 26 - Les partisans de la suppression des digues sur toute leur hauteur espèrent que le colmatage aidant les crues trouvant un vaste champ d'épandage et des facilités d'écoulement, reculeront un peu la récolte du 10^e mois sans la supprimer. Mais on peut leur objecter que la récolte du 5^e mois courra des dangers au moment de la petite crue hâtive qui se produit généralement au mois de Juin aussi certaines personnes (M^{gr} Eugénier entre autres) ne vont-elles pas jusqu'à demander la suppression des digues sur toute leur hauteur, mais simplement la réduction de hauteur de 2 à 3 mètres de façon à mettre la récolte du 5^e mois à l'abri de la petite crue de Juin, mais à ne pas empêcher le débordement des eaux des grandes crues de Juillet et d'Août. Cette suppression partielle nous paraît présenter les mêmes objections capitales que la suppression totale; si elle obvie au danger que court la récolte du 5^e mois, elle aggrave la situation de la récolte du 10^e mois car ces digues partielles malgré les coupures qu'on sera obligé d'y pratiquer, retiendront l'eau quelque temps après dans les divers casiers du Delta.

Enfin la suppression totale ou partielle des digues nous ferait craindre une augmentation possible des divagations du fleuve Rouge, une diminution de la profondeur du chenal, etc....., ce qui serait aussi désastreux au point de vue de l'agriculture qu'au point de vue de la navigation; à moins d'entreprendre des travaux

(1) Un esprit fort-judicieux, qui a écrit dans un journal du Tonkin des articles sur la question des digues fait observer que « s'il est possible de juger du delta du Tonkin par un autre Delta, qu'il soit permis de rappeler ce qui s'est passé sur le Hoang-Ho au fleuve jaune. Sans mettre il y a 24 ans le gouvernement de Peking à l'abri d'une marche des T'ai-jung, vers le nord, on fit brèche dans les digues qui encastraient le fleuve Jaune. On arrêta l'ennemi; mais on ne put débarrasser le sol de cette inondation venue et de larges marais pestilentiels sont venus remplacer des campagnes fertiles et prouver que le nivellement général doit être enge au nombre des usages les plus funestes et les plus dangereux. »

Remarques sur
les idées justes des
partisans de la
suppression des
digués

de fixation du chenal par des épis plongeurs, des seuils de fonds, des digues submersibles, etc... ainsi qu'il sera expliqué plus loin
27 - Les personnes qui demandent la suppression des digues font au système hydraulique du Tonkin tel qu'il est constitué par le réseau actuel des digues et des ouvrages d'art que ces digues comportent, certaines objections fort justes sur lesquelles nous tenons à nous expliquer car les solutions que nous proposerons dans ce mémoire ont pour but de remédier aux inconvénients qu'elles signalent.

Comme nous l'avons expliqué précédemment, le réseau des digues du Delta (du moins du moyen et du haut delta) partage le pays en caïsiers sans communications avec les cours d'eau qui les entourent. Il en résulte qu'actuellement dans les années de sécheresse, les rizières restent improductives, alors qu'à quelques centaines de mètres coule un fleuve qui pourrait bien fournir l'eau en abondance. En revanche, durant les années pluvieuses l'endiguement empêche l'écoulement des eaux de pluie et dans certaines régions basses empêche la récolte du 10^e mois.

— D'où la conclusion trop hâtive que tirent certaines personnes: si les digues sont nuisibles dans leur état actuel, supprimons-les? Non, à notre avis, on tomberait de mal en plus; entre le maintien de l'état de chose actuel et la suppression des digues, il y a la solution rationnelle qui consiste comme nous le verrons, à garder les digues, à les améliorer et à les compléter par un système perfectionné d'irrigation d'été et même d'hiver

§ 2 Amélioration des digues

Défectuosités du
réseau des digues
au Tonkin

28 - Commençons par déclarer que le service des Travaux publics n'a pas encore effectué le relevé des digues du Tonkin tant comme travail de planimétrie que comme travail de nivellement.

Pour discuter la question des digues on se sert de cartes au $\frac{1}{100\ 000}$ ou le tracé en plan des digues est plus ou moins bien indiqué. Nous possédons à peine dans nos archives quelques profils en travers du fleuve ou des digues et il n'a été exécuté aucun profil en long de quelque importance. Il serait urgent, pensons-nous, d'entreprendre ce travail, pour commencer, comme nous l'expliquerons plus loin, l'œuvre forcément lente de l'amélioration du réseau des digues du Tonkin.

Même à défaut de relevés exacts on peut dire que le tracé des digues du Tonkin laisse beaucoup à désirer. Pour des raisons

relivant de la superstition ou pour des motifs de pur intérêt personnel, les digues sont des sinistres nombreuses. De plus tantôt en certains points elles sont à une grande distance du fleuve, tantôt en d'autres elles s'en rapprochent d'une façon dangereuse; leur écartement varie d'un point à un autre créant une succession irrégulière d'élargissement et de rétrécissement du lit majeur; les tracés ont été faits sans vue d'ensemble par des gens dépourvus de connaissances géométriques en l'espèce, indispensables pour une œuvre aussi complexe. Quant au système de construction des digues, les Annamites sont devenus assez experts en la matière et tout ce qu'on pourrait demander c'est que le travail soit mieux surveillé afin d'éviter certaines malversations ou négligences dont les Annamites sont coutumiers pour aller plus vite en besogne.

Les trois principales causes de ruptures de digues sont les suivantes: le chenal variable du fleuve arrive à affouiller leur pied, elles sont submergées, elles sont désagrégées.

La première cause, la rupture par corrosion est la plus grave; elle résulte principalement du mauvais tracé en plan des digues; si on ne veut pas déplacer les digues, on ne peut lutter contre la corrosion qu'au moyen de travaux importants d'épis destinés à diriger le chenal du fleuve, travaux peu pratiqués par les Annamites.

Les ruptures par submersion viennent en général de la négligence; on laisse passer les digues sans les recharger et sur les 1.150 kilomètres de digues du Tonkin la vigilance des mandarins a de la peine à s'exercer. Il faut dire aussi que ces passages sont accélérés par le travail des rats et des fourmies blanches.

Les ruptures par désagrégation (filtrations, suintement) résultent soit de la mauvaise construction de la digue (fondations sur terrain marécageux, emploi de sable, sans masque d'argile, etc....) soit du travail non apparent des rats ou des fourmies.

Améliorations à apporter au réseau des digues du Tonkin

20. - Nous ne nous attarderons pas ici à détailler les perfectionnements à apporter au procédé de construction des digues: fondations allant jusqu'au terrain imperméable, corroi d'argile formant masque étanche à défaut d'un remblai général en argile, gazonnement de la surface, etc.... Ce sont des questions sur lesquelles tout le monde est d'accord.

Nous ne voulons parler ici que du tracé des digues en plan et en élévation, c'est-à-dire de la fixation du lit majeur du fleuve Rouge et des autres cours d'eau du Tonkin. A notre avis il conviendrait de faire le plus tôt possible un lever et un nivellement exacts des digues actuelles, d'étudier sérieusement le régime du fleuve

M. Sallenger conseille le sulfure de carbone pour tuer les fourmies blanches et il propose de rétablir l'ancienne coutume annamite accordant une prime par mille ratues de rats apportées à l'autorité.

de avec ces données de dresser un projet rationnel d'endigement utilisant le plus possible les digues anciennes. Ce programme de travaux serait ensuite à réaliser progressivement en une vingtaine d'années par exemple, comme il sera expliqué plus loin.

Concurremment à la détermination d'un bon lit majeur il y aurait à s'occuper de la fixation du chenal et du lit mineur; par cette fixation les chances de ruptures de digues seraient atténuées. Mais c'est une œuvre considérable et fort coûteuse à laquelle il ne faut pas songer d'ici longtemps à voir exécuter sur une grande échelle (1)

(1) Dans cette catégorie de travaux de fixation du lit mineur rentrent le dragage des lit des fleuves ainsi que le dragage des barres aux embouchures qui ont été préconisés pour faciliter l'écoulement des eaux et diminuer les chances d'inondation; ces travaux qui doivent être combinés avec des travaux d'entretien entraînent des dépenses considérables. Remarquons toutefois que, si l'on ne fait pas songer à des travaux d'ensemble pour améliorer le chenal des basses eaux, il y aurait peut être lieu, dès maintenant de faire certains travaux locaux: chercher à fixer le chenal devant Haroi, améliorer certains passages en barrant les dunes courants etc etc....

§ 3 Travaux complémentaires

Le tracé des digues du Confin est défectueux; il conviendra de l'améliorer comme nous l'avons expliqué au paragraphe précédent; mais c'est une oeuvre de longue haleine et en attendant son accomplissement, il convient d'avoir recours à des mesures plus rapides. Ces mesures sont de diverses sortes; les principales sont les suivantes:

- 1° Réservoirs dans la partie haute,
- 2° Dérivages du lit majeur dans le haut delta où la plaine submersible n'est pas très étendue;
- 3° Réservoirs le long des digues du Delta;
- 4° Création de nouveaux canaux dans le Delta débouchant ou non à la mer. Nous allons passer en revue ces divers moyens.

Opinion de M^r l'Inspecteur
général Comoy sur les
travaux contre les
inondations

30 - Mais avant pour jeter quelque lumière dans une question aussi délicate nous croyons devoir donner quelques explications d'ordre général tirées des travaux de M^r l'Inspecteur Général Comoy.

De tous les problèmes de l'art de l'ingénieur, la question des inondations est celle où il règne le plus de dissidences. Le fleuve Rouge ne fait pas exception à la règle. M^r l'Inspecteur Général Comoy ayant en vue le Pô et la Loire a écrit les lignes suivantes qui nous paraissent s'appliquer au fleuve Rouge et expliquer les dissidences qui règnent entre les techniciens au sujet de ce fleuve.

« Le défaut d'accord me paraît uniquement dû à ce que la question des inondations ne se présente nulle part d'une manière simple, dans les conditions naturelles.

« Je m'explique :

« sur la plupart des fleuves et des rivières, on a déjà construit des ouvrages de défense. Il faut partir de ce qui existe; et « l'on se trouve, par là, conduit à des ouvrages complémentaires « qui diffèrent souvent de ceux qu'il conviendrait d'adapter « si les travaux anciens n'existaient pas

« On confond ces deux natures d'ouvrages, et, « c'est là qu'est, à mon avis, la cause des dissidences que j'ai « signalées. On attribue aux uns comme aux autres de ces « ouvrages la même signification; on les traite sur le même

« le même pied de parfaite égalité, et l'on se jette dans les comparaisons
« qui ne peuvent avoir aucun résultat utile puisqu'elles s'exercent sur des
« objets de natures différentes.

« Cet ouvrage ne conviendrait pas pour défendre une vallée libre
« de tout obstacle artificiel, qui peut devenir utile pour compléter la défense
« d'une autre vallée si l'on aurait déjà construit certains travaux

« Si l'on ne fait pas la distinction que j'indique, on s'expose à
« mal juger les ouvrages de cette dernière espèce, et à se priver d'une ressource
« utile en certains cas. Loin d'éclairer la matière, on augmente l'obscurité
« qui l'entoure, et l'opinion continue de flotter incertaine au milieu de ces
« discussions. »

Le meilleur moyen de dégager la question des inondations de
« toutes ces difficultés me paraît consister à étudier ce qu'il convient de faire
« pour la défense des plaines submersibles, en supposant qu'aucun travail
« n'ait encore été construit. Quand on sera fixé sur les mesures à prendre
« dans ce cas, sur la nature et la forme des ouvrages à exécuter on ne sera
« plus exposé à se tromper sur le sens et la portée des travaux de nature
« différente qui n'ont pour but que de compléter ou de rectifier d'autres
« travaux antérieurement construits. »

M^r Comon déclare d'ailleurs: « qu'il n'y a intérêt réel
« à empêcher les eaux des crues de s'épancher sur les plaines submersibles
« que quand ces plaines ont une grande largeur. »

Il ajoute ensuite:

« on ne peut soustraire entièrement les plaines submersibles de grande
« largeur aux inondations qui au moyen de digues insubmersibles
« Ces digues doivent être tracées de manière à laisser au lit
« majeur du fleuve une assez grande largeur, afin de ne pas
« trop surélever les crues dans le lit du fleuve rétréci par l'endigue-
« ment, et de ne pas donner trop d'importance à l'augmentation
« du débit maximum des crues, qui résulte, en aval de l'endigue-
« ment, et de ce qu'on a diminué les surfaces sur lesquelles les
« eaux des crues s'engorgent. »

Les travaux du Pô et de la Loire nous feront comp-
-rendre la différence sur laquelle nous appelons l'attention.
Sur le Pô, le tracé des digues a été bien fait, on a laissé une
grande largeur au lit majeur, on a judicieusement augmenté ou
diminué cette largeur, suivant que le fleuve recevait des affluents ou
n'en recevait pas, conséquence: on est arrivé à ne plus avoir
de ruptures de digues. Sur la Loire, les digues ont été mal
tracées, en général, elles sont trop rapprochées; il faut les compléter
par des ouvrages accessoires, tels que: déversoirs, etc, etc... ;

Réservoirs

31 - La construction de réservoirs en dehors du Delta a été particulièrement préconisée par M^r Sallenave; disons tout de suite qu'il ne faut pas s'exagérer la valeur de cette solution au point de vue des inondations dans le Delta; suivant nous ces réservoirs contribueront dans une très faible mesure, à l'atténuation des crues du Delta et nous estimons que leur principale utilité est au point de vue des irrigations

Elargissement du lit majeur dans le haut Delta

Province de Hung-Hoa

32 - Le surélargissement du lit majeur dans le haut Delta est certainement un moyen efficace d'atténuer les crues à l'aval.

Dans le haut Delta et en particulier dans la province Hung-Hoa puisque la plaine submersible ne soit pas très étendue on a limité le fleuve par des digues insubmersibles qui remontent jusqu'à Phu-Tho, à 20 kilomètres en amont de Hung-Hoa; les habitants élevèrent ces digues sans se préoccuper de l'écoulement des eaux d'aval descendant des vallées secondaires, en sorte que les marécages se formèrent entre les digues et les contreforts limitant la vallée, marécages qui semblent augmenter de plus en plus d'importance.

Il semblerait à première vue que le remède à cette situation serait d'assurer l'écoulement des eaux des vallées secondaires en établissant des ouvrages d'évacuation des eaux à travers les digues du fleuve; mais il faut remarquer que l'évacuation ne pourrait se faire qu'après la saison des crues, qu'elle ne serait pas sans difficulté à cause du colmatage des bords du lit majeur et on ne comprend pas alors pourquoi pour arriver à l'assèchement désiré, on ne se contenterait pas purement et simplement de la suppression des digues

C'est en effet la solution que nous proposons dans la province de Hung-Hoa; bien entendu il ne s'agit pas de raser les digues sur toute leur longueur; ce serait un travail inutile et même mauvais; il s'agit simplement de faire des coupures de façon à permettre l'introduction des eaux du fleuve dans toute la vallée; nous disons que la suppression des digues sur toute leur longueur serait un travail mauvais; nous considérons en effet que nos digues longitudinales doivent servir conjointement à de courts digues transversales, à la création d'un système de bassins d'inondation comme dans l'ancienne Egypte; ce système aura l'avantage de déposer sur les terres cultivées le limon fertilisant du fleuve Rouge, transformer des marécages en terres cultivables et en même temps de contribuer dans une certaine mesure à l'atténuation des crues du fleuve Rouge.

Province de Tontay

Dans la province de Tontay on entre dans le vrac Delta et la plaine submersible prend une certaine importance. Malgré cela par suite de circonstances spéciales, la commission supérieure des digues a admis des coupures de digues sur la rive gauche du fleuve entre Siétry, embouchure de la rivière Clavie et le Song-Calo: de cette façon le fleuve peut s'épancher dans le Vinh Yen jusqu'au pied du Cam-Dao sur une surface d'environ 300 kilomètres carrés.

Les raisons qui ont fait adopter cette décision sont les suivantes: Le Vinh-Yen est une région qui au moment des crues est couverte par les eaux claires venant des torrents du massif de Cam-Dao lesquelles n'ont pas alors d'écoulement; de ce défaut d'écoulement résulte qu'une partie du Vinh-Yen est marécageux, dans ces conditions on a pensé qu'il n'y avait qu'avantage à couper les digues, d'essayer du colmatage et de couvrir les terres de l'eau limoneuse du fleuve Rouge au lieu des eaux claires du Cam-Dao. En même temps qu'on améliorerait la situation du Vinh-Yen, on contribuerait à l'atténuation des crues par la création d'un véritable lac régulateur. Cet espace de lac a un orifice d'évacuation par le Song-Calo et la grandeur de cet orifice a été fixée de façon que la quantité d'eau envoyée dans le Song-Calo et de là dans le Song-Cau ne soit pas hors de proportion avec ce que peut recevoir ce dernier cours d'eau. Les travaux ont été exécutés en mars dernier et nous attendons la crue de 1896 pour juger des effets qu'ils produiront tant au point de vue de l'amélioration des terres qu'au point de vue des inondations.

Déversoirs

33. M. l'Ingénieur en chef Renard a préconisé l'emploi de déversoirs dans le Delta, le long des digues; ces déversoirs longilindinaux de grande longueur, seraient établis à une cote telle qu'ils entreraient en fonctionnement quand le niveau de l'eau atteindrait une cote qu'on jugerait dangereuse pour les digues. A la vérité M. Renard ne prévoyait l'usage de ces déversoirs que sur la rive gauche du fleuve Rouge, il pensait que de cette façon l'eau ne séjournerait pas sur les rizères et s'écoulerait dans le Chai-Binh. - Cette solution est très séduisante comme solution a priori mais elle ne tient pas compte de l'orographie du Delta ni du régime des eaux et des cultures: le Delta entre le fleuve Rouge et le Chai-Binh n'est pas un plan incliné il y a de

nombreuses et importantes dépressions et petites élévations qui empêcheraient l'écoulement de l'eau et transformeraient le pays en un marécage; de plus ces déversoirs fonctionneraient à l'improviste sans que personne soit prévenu; en admettant même que les habitants soient prévenus il n'en résulterait pas moins que les belles récoltes d'été seraient perdues.

Nous sommes donc d'avis que la solution par les déversoirs est un pis aller auquel il ne faudra songer que quand il n'y aura pas moyen de faire autrement.⁽¹⁾

Ouverture de canaux de décharge

34. - Parlons enfin d'une solution qui certainement serait très efficace, mais qui aurait l'inconvénient de nécessiter des travaux et des dépenses considérables; nous voulons parler de l'ouverture dans le Delta de nouveaux canaux de décharge.⁽²⁾

Voici le raisonnement que font les partisans de cette solution: il est démontré que des bras secondaires du fleuve Rouge se sont ensasés peu à peu et que les ammanites ne les curant pas, ont été au contraire amenés à les fermer; c'est sans doute par suite de la fermeture de ces bras que la hauteur des crues dans la partie supérieure du Delta atteint des cotes aussi élevées qu'elles le sont à l'heure actuelle devant Hanoi. Pour abaisser ces crues vous n'avez qu'à revenir à l'ancien état de choses, vous n'avez qu'à rouvrir ces anciens bras ou à créer de nouveaux canaux.⁽³⁾

M^r Janet conseille même pour le tracé des nouveaux canaux de suivre les indications de la nature, d'adapter les canaux qui se produisent à la suite de ruptures de digues et qui quelquefois comme à Phi-Liet en face et un peu en aval d'Hanoi semblent coïncider avec d'anciens bras du fleuve.

Les solutions proposées ont été nombreuses; les uns ont parlé d'ouvrir un canal partant de Salan au sommet de la province d'Hanoi intermédiaire entre le Day et le fleuve Rouge, et allant se jeter à la mer; les autres préconisent des canaux allant du fleuve Rouge au Chai-Binh et partant de Phi-Liet ou d'un peu plus bas; d'autres moins ambitieux demandent la réouverture des embouchures amont d'un nombre d'arroyos de la province de Phu-Ly; etc etc....;

L'objection générale à faire à tous ces projets est le travail considérable qu'ils entraînent tant pour l'ouverture des nouveaux canaux que pour la construction des digues latérales.

De plus il est à prévoir que ces canaux une fois ouverts, il faille des travaux d'entretien considérables notamment à leur point de départ ou des ensasements sont à craindre.⁽⁴⁾

(1) Bien entendu nous ne critiquons les déversoirs que dans le Delta et nullement dans les vallées peu larges au dessus du Delta. (2) - La commission des digues a cru devoir recommander qu'aucun ouvrage, qu'aucune embouchure ne soit bouché ou même simplement obstruée. Il est peut être même venu l'idée que aucun travail de ce genre ne devrait être entrepris du moins après un examen sérieux de ses conséquences par les ingénieurs. (3) - On ne peut arriver au effet des cas ou l'on

Nous sommes donc d'avis qu'il ne faudra adopter cette solution que si les autres solutions ne réussissent pas. (1)

Resume et conclusion de ce chapitre - 35 - En résumé nous croyons que le problème des inondations sera résolu dans le Delta par l'amélioration du réseau des digues

Comme cette amélioration est une œuvre de longue haleine, nous sommes d'avis que le moyen le plus pratique de lutter de suite efficacement contre ce fléau est d'élargir par des suppressions de digues le lit majeur du fleuve et de ses grands affluents dans leur partie haute.

Quant aux autres remèdes proposés, nous sommes d'avis :

- 1° que les réservoirs peuvent rendre de grands services au point de vue des irrigations mais qu'ils ont un rôle insignifiant à jouer au point de vue des inondations;
- 2° que la solution des déversoirs est un pis-aller qu'il ne convient d'accepter que quand on aura constaté l'insuffisance des élargissements à l'amont.
- 3° que l'ouverture de nouveaux canaux de décharge serait une solution efficace mais très coûteuse et qu'il ne faut l'adopter qu'en dernier lieu.

Remarque additionnelle. — Depuis que ce chapitre a été écrit nous avons pu prendre connaissance du grand ouvrage de M^r Buckley sur les irrigations dans l'Inde et l'Égypte; le chapitre VI de cet ouvrage traite des digues dans les Deltas; il confirme en tous points ce que nous disons pour les digues du Tonkin. Il y ajoute même un point de vue qui nous avait d'abord échappé: à savoir l'utilité du grand barrage dont nous proposons la construction au sommet du Delta du Tonkin, non seulement au point de vue des irrigations, mais aussi au point de vue des digues et des inondations. (Voir le rapport sur les digues du Mahamaddy, fleuve qui roule jusqu'à 80.000 m³ à la seconde par M^r Rhind)

(1) Si nous ne précisons pas l'ouverture de nouveaux canaux en général dans le Delta il n'en est pas de même dans certains cas particuliers et notamment pour la partie de la province de Sombok qui est en dehors du Delta

soit au barreau de fausse bras à diminuer le nombre des embouchures justement pour gagner en profondeur au départ de la largeur, ce qui finalement peut dans certains cas un avantage au point de vue de l'écoulement de l'eau.

(2) Certaines personnes font remarquer que ces nouveaux canaux serviraient non seulement à atténuer les crues, mais qu'ils serviraient aussi au point de vue des irrigations; il faut pas s'exagérer cette dernière utilisation qui ne se produirait vraisemblablement qu'à tout le plus dans le bas Delta.

(3) Par exemple le barrage est un obstacle au fleuve Rouge qui est bouché jusqu'à un certain niveau à son point de départ. La commission des digues a demandé des études soignées pour débarrasser cette entrée; malheureusement cette obstruction s'étend sur des kilomètres et les courbes que nous avons faites montrent que le travail de désobstruction est pratiquement insaisissable.

Chapitre II

Irrigations d'été et travaux d'assèchement

Utilité des travaux d'assèchement et des travaux d'irrigation

36. L'été est la saison des pluies; mais au Tonkin cette saison n'a pas la fixité et la régularité qu'elle a en Cochinchine; il pleut trop ou trop peu, deux inconvénients opposés qui nécessitent des ouvrages différents.

Il n'y aurait que peu de mal quand les pluies sont abondantes, si les eaux pouvaient s'écouler; mais, ainsi que nous l'avons expliqué longuement déjà, l'eau de pluie s'accumule dans les espèces de dâmers formés par les digues et ne peut s'écouler dans les rivières qui coulent alors à plein bord, et cette eau accumulée au bas des Provinces empêche sur une certaine étendue de faire la récolte du 10^e mois. Mais l'inconvénient le plus grave est la sécheresse, telle qu'elle s'est produite malheureusement en 1895 et qui a causé l'épouvantable famine dont nous avons été les témoins attristés et impuissants; soit heureusement des sécheresses aussi absolues que celle de 1895 sont des événements fort rares, se produisant au plus tous les 15 ans, mais quand elles se produisent, c'est une ruine pour le pays; en dehors de ces cas exceptionnels qui justifieraient pourtant à eux seuls, l'exécution d'ouvrages importants, l'utilité d'irrigations d'été régulières, assurées sur tous les points du Delta est considérable; actuellement le cultivateur tonkinois est sous la dépendance des circonstances atmosphériques; il attend patiemment que les pluies se produisent; ces pluies sont plus ou moins abondantes; elles arrivent tôt ou tard, à un moment indéterminé; on comprend quelle supériorité aurait un système d'irrigation où l'on se servirait de l'eau limonense du Haut Rouge à la place de l'eau de pluie, où le cultivateur pourrait irriguer au moment qui lui convient et jeter sur ses rizières la quantité d'eau qu'il juge convenable.

Travaux d'assèchement en été

37 - Pour obvier à l'inconvénient résultant de la trop grande abondance des pluies il n'y a que deux solutions

La question des irrigations a fait l'objet de rapports de Messieurs les Résidents rappr...

1° Le creusement de canaux d'assèchement et le passage en siphon sous les rivières pour aller conduire les eaux pluviales directement à la mer

2° L'établissement sur les digues, comme en Hollande, d'usines élévatoires hydrauliques puisant l'eau de pluie au niveau des rivières et la déversant dans les rivières dont le niveau est alors plus élevé.

Mais l'abondance des pluies au Tonkin cette dernière solution est à rejeter; au tout au moins il n'y aura lieu de l'employer qu'à titre tout à fait exceptionnel.

Mais la première solution est fort coûteuse et l'exécution des travaux qui elle comporte ne pourra être entreprise de si tôt; en attendant nous pensons qu'il y a lieu de prévoir des ouvrages permettant l'évacuation à la fin de la saison des eaux de pluie accumulées dans les darriers du delta nous avons dans ce sens dressé un projet de pertuis éclusé près de Phu Ly pour l'évacuation des eaux du bas de la province d'Hanoi et nous prévoyons que ce travail sera exécuté en 1898-99; nous estimons que des travaux analogues devraient être exécutés au plus vite dans le Vinh-Yea

Travaux d'irrigation en été

Quantité d'eau à fournir et à quelles époques 38 - Pour obvier aux sécheresses, les irrigations d'été doivent pouvoir commencer dans la première quinzaine de Juillet: le fleuve à Hanoi est alors au moins à la cote (+6) et nous estimons que partout le niveau de l'eau dans le fleuve est au moins à deux mètres au dessus des rivières environnantes.

Dans ces conditions de simples prises d'eau faites dans le fleuve à travers les digues et fonctionnant à la cote (+6) permettront d'amener l'eau destinée aux irrigations; en réalité, nous proposons d'établir de suite ces prises d'eau de façon à ce qu'elles fonctionnent à une cote beaucoup plus basse; c'est en vue de leur utilisation ultérieure pour des irrigations d'hiver.

Quantité d'eau à fournir en vue des irrigations d'été 38^{tes} Aux Indes anglaises, on compte un litre par seconde pendant 72 jours pour irriguer un hectare.

Quand il s'agira d'irriguer d'hiver à une époque où la quantité d'eau de pluie tombée est faible nous adopterons ce chiffre de 1 litre à la seconde par hectare pendant 72 jours mais comme il s'agit d'irrigations d'été à un moment où les pluies apportent leur contingent nous adopterons seulement le chiffre de 0 litre à 0 litre 5 par seconde par hectare.

Systeme de prise d'eau propose pour les irrigations du Delta proprement dit

39 Au lieu d'un barrage ordinaire nous proposons d'adopter pour les prises d'eau un systeme de siphons aspirants dont nous avons pris l'experience en France dans notre ancien service de Honfleur.

Les avantages d'une prise d'eau par siphon sont les suivants:

- 1: le siphon etant etabli sur la digue l'homogeneite de cette digue n'est pas detruite comme avec un barrage ordinaire;
- 2: on est assure quand le siphon n'est pas amorce, que la fermeture est etanche et que l'ouvrage ne sera pas mine par des filtrations.

Pour amorce ces siphons nous proposons la solution ingenieuse adoptee a Honfleur et qui consiste a faire entrainer l'air par l'eau elle meme.

En voici le principe: soit un siphon ABC fonctionnant a plein debit, la pression vers le sommet B est dans ce siphon,

neccessairement plus faible que la pression atmospherique;

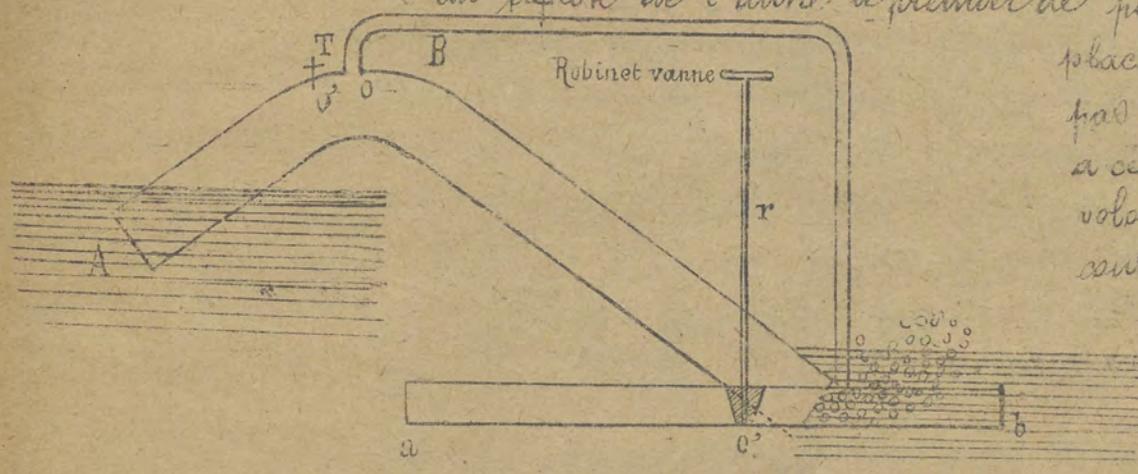
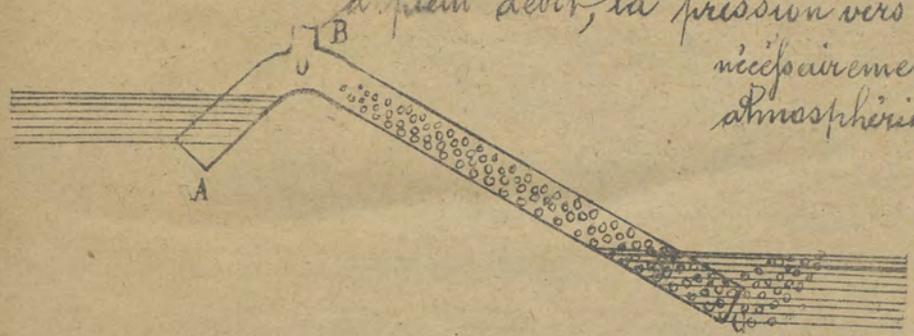
si donc on ouvre vers B dans la paroi du tuyau un trou O, l'air entrera dans le siphon et le desamorcera; mais l'experience montre que, si cet orifice est suffisamment petit, l'air qui penetre est entraine par l'eau, et que le siphon n'est pas desamorce; de sorte que si O est

relie par un tube a un reservoir ferme, plein d'air a la pression atmospherique, le passage de l'eau dans le siphon aspirera l'air de ce reservoir. Soient maintenant deux siphons, places l'un a cote de l'autre, le premier de petit diametre (ab) sera

place suffisamment bas et ferme par un robinet-vanne, de facon a ce qu'il soit amorceable a volonte; on suppose qu'il soit actuellement a plein debit;

le second A.B.C. de grand diametre, est relie au premier par un tuyau O O muni

d'un robinet r; si l'on ouvre r, le petit siphon aspire l'air contenu dans le grand qui se trouve ainsi bientot amorce. Pour desamorce le systeme et par suite, arreter instantanement le passage de l'eau, il suffit de fermer le robinet vanne du petit siphon et d'ouvrir au sommet du gros siphon un orifice O suffisamment grand et muni d'un robinet, duquel on ouvrira au moment voulu.



Un lieu d'un seul gros siphon en peut avoir toute une batterie de gros siphons. Nous avons construit à Crauville une batterie de six siphons en suite de 1^m 30 de diamètre débitant 50^m³ à la seconde sous une charge d'eau de 4 à 5^m; cette batterie était amorcée par un siphon moy^e de 0^m 80 de diamètre: l'amorçage était fait par un seul homme et durait 7 à 8 minutes; le désamorçage se faisait en 2 ou 3 minutes.

Avec ce système on a, il est vrai, un petit siphon placé bas dans le corps de la digue, ce qui détruit un peu l'homogénéité de cette digue; mais c'est un faible inconvénient en regard des facilités d'amorçage et de désamorçage que l'on possède ainsi pour les gros siphons.

Nous donnons pièce N^o 16 les dessins d'une batterie de 6 siphons de 1^m 30 de diamètre; comme on le verra, ci-après nous proposons l'établissement d'un tel ouvrage en différents points du Delta.

Nous devons remarquer que pour les ouvrages d'évacuation des eaux au bas des Provinces, à la fin des oues l'adoption de siphons aspirants établis sur les digues est également appropriée et nous pourrait même devoir être recommandée.

Examen sommaire des diverses régions occupées par le Delta proprement dit et que nous avons classées sous les rubriques région III. - III (Voyez carte pièce n^o 2)

Emplacement des prises d'eau (siphons) à établir

Région I, entre le Day et le Cua-Ba-Lot
Dans la région I comprise entre le Day et le Cua-Ba-Lot, branche principale du fleuve Rouge nous distinguerons trois sous-régions à savoir: la partie située au-dessous du canal de Phu-Sy; la partie entre le canal de Phu-Sy et le canal de Nam-Dinh et enfin la partie au Sud du canal de Nam-Dinh jusqu'à la mer.

Partie comprise entre le Day et le fleuve Rouge au nord du canal de Phu-Sy

La pente générale du terrain comprise entre le Day et le fleuve Rouge est dirigée du Nord au Sud jusqu'au canal de Phu-Sy.

Nous proposons d'établir une batterie de siphons de prise d'eau à Palan au sommet de l'espace de triangle limité par le Day à l'Ouest et le fleuve Rouge à l'Est. Ces siphons destinés à l'irrigation d'une surface d'environ 10.000 hectares devront pouvoir débiter 40 mètres cubes à la seconde.

Ces siphons devant fonctionner sous une charge de 2 mètres d'eau un calcul facile montre qu'il suffira d'en avoir 6 de 1^m, 30 de diamètre pour débiter avec le siphon amorceur le cube demandé de 40 m³ à la seconde

Partie comprise entre le canal de Thu-Ly et le canal de Nam-Dinh.

La région qui borde le canal de Thu-Ly est une région couverte pendant l'été d'eau de pluie qui ne trouve pas son écoulement; aussi on a été amené à presque abandonner les digues et à pratiquer des épaïs partiels de colmatage.

À notre avis la solution rationnelle (et nous en avons la conviction qu'on y reviendra) est été de garder les digues et d'établir des ouvrages pour l'écoulement des eaux de pluie et l'assèchement des terrains.

Voici sous réserve des modifications que des études complètes sur le terrain peuvent entraîner, voici-dis-je, les travaux qu'il y aura lieu plus tard d'entreprendre:

Pour évacuer les eaux qui s'accumulent au Nord du canal de Thu-Ly, il y aurait lieu de passer en siphon sous ce canal. Ce passage se ferait par exemple à 8 Kilomètres environ à l'est de Thu-Ly, près du débouché du Song-Bien-Bong, dans un endroit où le siphon n'aurait pas plus de 200 m de longueur;

Du Sud du canal de Thu-Ly, ce siphon déverserait ses eaux dans le Song-Bien-Giang ou dans le Lyen-Giang qui se jettent eux mêmes dans le Song-Dat lequel à son débouché suffisamment bas dans le Day. Cette solution ainsi que nous l'avons dit plus haut en parlant d'une façon générale des travaux d'évacuation des eaux au moment des crues, cette solution dis-je, n'est pas la seule; on peut la mettre en concurrence avec celle autre qui consiste à établir une sorte d'élevatoire hydraulique sur la digue Nord du canal de Thu-Ly. Mais ces deux solutions exigent des travaux considérables; si l'on ne veut évacuer les eaux qu'à la fin des crues, l'amélioration de l'écluse du Chang-Gian et peut-être l'établissement de siphons comporteraient des dépenses beaucoup moins considérables.

Partie comprise entre le Day et le fleuve Rouge au sud du canal de Nam-Dinh

La partie située au sud du canal de Nam-Dinh est admirablement irriguée; les arroyos y sont nombreux et l'eau s'y trouve à un niveau voisin de celui des rivières; il

il y a seulement à assurer le curage régulier des arroyos existants et à exécuter divers petits travaux tels que creusement de quelques nouveaux petits canaux, construction d'ouvrages, de prise d'eau, sous faible charge, etc... etc...; dont le détail est donné dans le lumineuse rapport que de le vice-résident Chamet a présenté sur ce sujet à la commission supérieure des digues. Nous ne nous en occupons pas davantage dans ce rapport.

Régions II entre le Cua-Ba-Sat et le Chai-Binh.

Passons maintenant aux régions II comprises entre le Fleuve Rouge et le Chai-Binh; nous distinguerons les diverses parties séparées par le canal des Rapides et le canal des Bambous.

Partie comprise entre le Song-Ca-Lo, le canal des Rapides et le Song-Cau.

La région comprise entre le Song-Ca-Lo, le canal des Rapides et le Song-Cau correspond à la partie de la province de Bac-Minh située au Nord du canal des Rapides. Dans cette région la pente du terrain est dirigée en général vers le Song-Cau ainsi que le montre la carte des arroyos. La superficie de cette région est d'environ 80.000 hectares; nous proposons d'établir dans le voisinage du point de séparation des digues du Song-Ca-Lo et du fleuve Rouge, non loin du point de départ de l'arroyo de Dong-Khe, une batterie de 6 siphons de 1^m 30 analogues à ceux dont nous proposons l'établissement à Calan.

Partie entre le fleuve Rouge et le Chai-Binh comprise entre le canal des Rapides et le canal des Bambous.

Cette région comprend la partie de la province de Bac-Minh située au sud du canal des Rapides, toute la province de Hung-Yen et une partie de la province de Haidzuong. L'écoulement des eaux se fait dans la partie extrême Nord vers le Chai-Binh et dans le restant de la province vers le canal des Bambous.

Le régime des petits cours d'eau naturels ou artificiels qui sillonnent cette région est fort compliqué; le refoulement des eaux par suite de la marée se fait sentir jusqu'à une grande distance à l'amont; la partie à irriguer est sur toute la région Ouest de 100.000 hectares environ de superficie.

Nous proposons, encore ici, l'établissement d'une batterie de 6 siphons de 1.30 à Phu-Liet un peu au Sud du point de séparation du canal des Rapides et du fleuve Rouge.

49

Partie entre le fleuve Rouge et le Chai Binh
au sud du canal des Bambous.

C'est une région analogue à la province de Nam Binh
couverte d'arroyos ou les irrigations sont admirablement
assurées. Il suffira dans cette région de curer les cours d'
eau existants et d'exécuter les travaux signalés par le
Résident Chinnault.

Régions III

Nous distinguerons deux parties dans la région III située sur
la rive droite du Day; la partie nord jusqu'au débouché
dans le Day des arroyos de Son-Cay, de My-Suong et de My-Duc
qui appartient à la province de Son-Cay et la partie sud qui
appartient à la province de Minh-Binh.

Région au Nord de My-Duc

Cette région a 60.000 hectares environ de superficie.
Près de Sontay, l'arroyo de Sontay passe à 500 mètres
environ de la rive droite du Fleuve Rouge; nous
proposons enfin d'établir à cet emplacement une batterie de
6 siphons de 1^m 30.

Région au sud de My-Duc

Dans cette région, il n'y a pas de digues, il y a surtout
à créer des canaux d'assèchement ou d'irrigation pour le détail
desquels nous renvoyons au rapport de M. le Résident de
Minh-Binh.

Nous n'avons rien de particulier à dire sur la région
IV située à l'est de Chai Binh quoiqu'il y ait beaucoup de
travaux d'amélioration à exécuter dans cette région nous
renvoyons aux rapports de M. les Résidents.

Canaux d'irrigation

41; L'eau, une fois prise au fleuve, il faut la distribuer
au moyen de tout un réseau de canaux principaux,
secondaires, etc... pourvus de barrages mobiles, prises d'eau,
etc...; le tracé de ces canaux d'irrigation est une question
fort importante et leur exécution représente un travail consi-
dérable. En l'absence d'un nivellement général du Delta,
il nous a été impossible de dresser l'avant-projet d'un tel
réseau; à titre d'exemple nous avons dressé ailleurs l'esquisse
du travail à exécuter pour l'irrigation de la région comprise
entre le Day, le fleuve Rouge et le canal de Phu-Ly; mais
il est bien entendu que nous ne donnons qu'une esquisse, qu'
un lever exact du relief du terrain pourra bouleverser de fond en
comble.

Esquisse d'un
réseau de canaux
d'irrigation dans
la province de
Hanoi

Nécessité d'un nivellement général du Delta et d'études préalables du terrain

Comme nous le verrons plus loin la création des canaux d'irrigation quoiqu'une œuvre colossale, sera rendue facile au Confin par suite de l'existence de l'impôt des corvées; mais nous ne saurions trop protester contre l'exécution trop hâtive des travaux, sans étude technique préalable. Si on veut aller trop vite on verra se renouveler ici ce qui s'est produit souvent en Egypte: « Lorsque « el-Chemet Ali⁽²⁾ décida le creusement du Mahmoudieh, 360.000 « hommes de corvée, recrutés par ses ordres sur différents points de « l'Egypte furent envoyés sur les lieux avant même que les « nivellements, opérations essentielles qui doivent nécessairement « précéder un travail de cette importance, aient pu être achevés « Aussi ce canal témoigne-t-il de la précipitation souvent aveugle, « que les serviteurs du premier vice-roi d'Egypte apportaient « dans l'accomplissement des volontés du maître. Les contingents « qui concoururent au creusement, placés approximativement dans « la meilleure direction possible, mais forcément un peu au hasard, « exécutèrent le plus rapidement qu'ils le purent, la partie qui « leur était assignée. Dans ces conditions il n'est pas étonnant « que ni la pente ni les alignements n'aient pas été respectés et qu'il « ait fallu ensuite raccorder ces derniers par des courbes quel que « du canal n'aurait pas dû comporter. En outre, faute d'études « préliminaires suffisantes, une partie du canal, qu'il eût été facile « d'éviter, dut être construite en remblai, et maintenue par des « charges en maçonnerie.

Nous aurons à ce sujet beaucoup de réflexions à faire: les digues et les canaux au Confin et en Amman semblent avoir été tracés dans les mêmes conditions que le canal Mahmoudieh en Egypte; comme nous l'avons développé au chapitre II le problème des digues sera presque complètement résolu le jour où on aura donné à ces digues, un tracé rationnel, ce qui nécessite des levés et plans qui n'ont pas encore été faits; bientôt va se poser le problème de l'amélioration du canal de navigation; Nam-Dinh à Hain: Les annamites semblent avoir voulu dans le tracé de ce canal, réaliser tous les méandres possibles de la queue du dragon; à notre avis son amélioration devra être précédée d'études de rectification indispensables si l'on ne veut pas gaspiller inutilement de l'argent et des jours de corvées. Mais revenons à notre sujet, les travaux d'irrigation et d'assèchement; point n'est besoin d'aller chercher des exemples

⁽¹⁾ M^r. Le Gouverneur Général Darnier a prescrit que ce nivellement général serait exécuté en 1894-98 - Il conviendrait de faire des levés en 1898-1899 des sections des fleuves du Delta analogues à celles qui ont été faites pour l'étude des digues du Mahmoudieh, déjà citée en (2) de Nil par el-Chemet Garnier 1891 page 439

de précipitation irréflectée en Égypte, nous en avons au Loukhmi même et de récents: le canal d'assèchement de Baïlé à Phouhy, entrepris il y a quelques années sans études préalables, a abouti à un échec retentissant et qui malheureusement a disqualifié depuis cette époque, dans le Delta, tous les travaux d'hydraulique agricole.

Utilisation des canaux d'irrigation pour la navigation

Les principales artères des canaux d'irrigation serviront certainement à la navigation.

Irrigations d'été en dehors du Delta H2 - Ces irrigations pourront se faire au moyen de réservoirs; comme nous avons déjà traité la question des réservoirs à propos des inondations et que en l'absence d'études sur le terrain nous n'avons pas de projet ferme à présenter, nous renvoyons purement et simplement à ce que nous avons dit au chapitre précédent.

Utilisation immédiate des prises d'eau avant même l'exécution de canaux d'irrigation H3 - Avant de terminer ce chapitre, nous tenons à faire remarquer que pour ce qui regarde les irrigations d'été du Delta, on pourrait commencer de suite l'établissement des prises d'eau, qu'on en trouverait l'utilisation immédiate avant même l'exécution de canaux d'irrigation. Sans doute, en l'absence de canaux, ces prises d'eau ne commenceront à fonctionner que quand le fleuve sera à une cote plus élevée que s'ils existaient; ensuite l'eau que ces siphons débiteront sera mal distribuée, les points bas seuls seront irrigués; mais malgré ces deux critiques il faut reconnaître que quand il y aura des siphons il sera possible d'irriguer une fraction sensible de la superficie du delta, et en cas de sécheresse comme l'année dernière, on voit tout le bienfait qu'on retirerait d'une pareille mesure.

Ajoutons en terminant que le système que nous proposons pour assurer les irrigations d'été est fort économique, mais nous reconnaissons qu'il est loin d'être parfait; théoriquement il faudrait pouvoir lever sur le fleuve Rouge sur les rizières pendant 3 ou 4 mois, de Juin à Octobre, et en consultant les courbes du fleuve Rouge on constate que ce but est loin d'être atteint. Aussi, suivant nous, les irrigations d'été pour être complètement assurées nécessitent la construction du grand barrage dont il est parlé plus spécialement ci après à l'occasion des irrigations d'hiver, c'est d'ailleurs la solution

¹⁾ Par exemple, si les rizières sont à la cote + 5 et s'il n'y a pas à la suite des siphons, des canaux d'irrigation tenant le plan d'eau à l'origine, au point

adaptées pour le Godavéry (sur ce dernier fleuve le débit d'étiage est de 43 m^3 à la seconde, tandis qu'il est de 20.000 m^3 aux hautes eaux; aussi sur ce fleuve les irrigations d'hiver sont insignifiantes et le grand barrage de Noylaicheeram a été construit surtout en vue des irrigations d'été.)

de cette cote +5, les siphons ne commenceront à fonctionner que quand l'eau du fleuve sera un peu au dessus de cette cote +5. Tandis que si des canaux d'irrigation prennent à l'origine ce plan d'eau à $1 \text{ m} 50$ par exemple au dessous des rizières les siphons commenceront à fonctionner dans le voisinage de la cote (+3.50)

Chapitre III

Irrigations d'Hiver

Utilité des irrigations d'hiver

44. - Les irrigations d'hiver ont pour but de développer la récolte du 5^e mois.

« Pour obtenir une récolte du 5^e mois annuelle, on conduit la culture de la façon suivante:

« 1^o Du 11^e mois (fin novembre et décembre) on sème les maïs plants de riz, et on laboure la terre

« 2^o Du 12^e mois (fin décembre et janvier) on malaxe la terre à la houe et on commence à repiquer; ceci jusqu'à la fin du 1^{er} mois c'est à dire jusqu'en fin février. Il faut à cette période de la culture avoir d'un jour sur le terrain des rizières soit complètement couvert. Il faut ensuite entretenir l'eau dans la rizière de façon que le riz ne jaunisse pas et végète facilement, cela jusqu'au 15 du 3^e mois.

« 3^o Vers le 15 du 3^e mois le riz fleurit et forme son grain jusqu'au milieu du 4^e mois, c'est à dire du 15 avril au 20 mai. A cette période de la culture, il faut beaucoup d'eau car mieux est arrosée la rizière, plus le grain est bien nourri.

« 4^o Du 20 mai au 1^{er} Juin on laisse la rizière se dessécher petit à petit pendant que le riz mûrit. La moisson se fait dans le courant de Juin.

« Donc pour assurer une bonne récolte du 5^e mois, il faut assurer de l'eau en quantité suffisante de Janvier à mai⁽¹⁾ »

Or c'est justement dans les trois premiers mois de l'année que les rivières sont à leur étiage c'est à dire que l'eau s'y trouve à son plus bas niveau au-dessous des rizières. On voit donc que le problème des irrigations d'hiver est autrement plus difficile que celui des irrigations d'été: les travaux que ces irrigations d'hiver comportent sont, parmi les travaux de l'art de l'Ingénieur, des travaux fort difficiles et fort coûteux; l'exemple de travaux analogues entrepris en Egypte et aux Indes nous enseigne qu'il faudra de longues années d'étude et de discussion avant de passer à l'exécution intégrale; malgré cela, nous croyons qu'il convient de poser dès maintenant le problème, afin de ne pas reculer indéfiniment sa solution.

Quantité d'eau à fournir

45. - Nous prendrons le chiffre de 1 litre d'eau à fournir par seconde et par hectare. Les diverses régions que nous avons considérées

précédemment exigent les cubes d'eau suivants :

	Superficie à irriguer	Cube d'eau qui s'écoule
Région I entre le Day et le fleuve Rouge (Cua-Ba-Lat)	Il n'y a à irriguer que la partie Nord du canal de Phu-Ly } 100.000 ^H	100 ^{m³} environ
Région II entre le Fleuve Rouge et le Thai-Binh	Région entre le Song-Ca-So, le Song-Cau et le canal des Rapides } 80.000 ^H Région entre le canal des Rapides et le canal des Bannhous (Il n'y a à irriguer que la moitié de la surface) } 100.000 ^H	80 ^{m³} environ 100 ^{m³} environ
Région III rive droite du Day	Il n'y a à irriguer que la partie Nord jusqu'à My-Duc } 60.000 ^H	60 ^{m³} environ
Total		340^{m³}

Deux solutions possible pour les irrigations d'hiver

46- Il y a deux solutions possibles pour résoudre le problème des irrigations d'hiver, à savoir :

- 1° La construction d'un grand barrage au sommet du Delta qui remonterait le plan d'eau d'étiage du fleuve Rouge de 4 m environ de façon à l'amener au niveau des rizières.
- 2° L'établissement en divers points du delta d'usines hydrauliques élévatoires puisant l'eau dans le fleuve et la dirigeant dans les rizières.

La première solution est la solution générale adoptée dans les deltas de l'Inde Anglaise; la deuxième solution a été envisagée concurremment avec la première, en Egypte; cette deuxième solution est beaucoup plus coûteuse et elle sacrifie les intérêts de la navigation aux intérêts de l'agriculture; la première solution au contraire résout le problème de l'amélioration de la navigation intérieure dans le Delta et c'est elle que nous proposerons d'adopter

§ I' Construction d'un grand barrage au sommet du Delta

1° Solution :

La construction au sommet du Delta du Tonkin, d'un grand barrage remonterait le plan d'eau d'étiage de 4 mètres serait certainement une œuvre extrêmement hardie, mais ce ne serait pas une nouveauté. Nous avons en effet plusieurs exemples à citer :

le barrage de Jaïdich au sommet du Delta du Nil et a été puis par
 M. Mougel bey, ingénieur des ponts et chaussées, et les travaux con-
 tinués sous son commandement, des deltas du Godavery et de la Kissa par
 l'illustre ingénieur anglais sir Arthur Cotton; le barrage de Jaïdich
 n'a pas donné il est vrai, tous les résultats que l'on espérait; cela
 tient à des circonstances accessoires, mais l'idée était bonne et si nos
 renseignements sont exacts, les Anglais s'occuperaient actuellement
 de sa réalisation complète; mais les magnifiques résultats obtenus dans
 la présidence de Madras pour le delta en tous points analogues au
 Delta du Ganjin, nous sont un argument pour faire prendre en
 considération l'avant-projet que nous présentons.

Avant de décrire les ouvrages que nous proposons nous
 croyons bon de donner une idée des travaux analogues qui ont si bien
 réussi sur le Godavery; nous citons de l'ouvrage de M. Mac
 Georges sur les travaux publics aux Indes le passage suivant:

Exemple tiré du
 Godavery

147 - Travaux du Delta du Godavery. « La tête
 « du delta du Godavery est à Dowlaishveram à partir duquel
 « la rivière se rend à la mer sur un lit élevé de 6 à 8 pieds au-
 « dessus du niveau général de la contrée (1) ». A Dowlaishveram, la
 « rivière se divise en deux branches que nous pouvons appeler le Godavery
 « oriental et le Godavery occidental, ces branches divisent le Delta en
 « trois surfaces distinctes, à savoir: le Delta oriental, le Delta central
 « qui est la partie comprise entre les deux branches et le Delta occidental,
 « chaque division du Delta possède un système séparé de canaux
 « d'irrigation pouvant s'alimenter au Godavery grâce à la cir-
 « culation du plan d'eau résultant de la construction d'un vaste
 « barrage à Dowlaishveram, juste au point où les branches
 « orientale et occidentale du Godavery se séparent et où la
 « largeur totale de la rivière est près de 11 milles.

« Les Travaux du Godavery furent commencés en
 « 1844. Le barrage est un des plus merveilleux exemples de ce genre
 « d'ouvrage existant aux Indes. Au point où il est établi; la
 « rivière est divisée en quatre bras par trois îles intermédiaires
 « qui occupent environ 3000 pieds de largeur totale. Le barrage
 « qui est divisé par les îles, peut être considéré comme composé
 « de quatre parties séparées d'une longueur totale de quatre
 « mille de 2 milles $\frac{1}{2}$; le Godavery draine une surface d'environ
 « 115.000 milles carrés, et la montée de ses eaux à Dowlaish-
 « veram est de 28 pieds; on comprend que dans ces conditions
 « la construction de cet énorme barrage pour surélever et distri-
 « buer les eaux, soit une entreprise exceptionnelle et formidable.

(1) Voir l'ouvrage intitulé "Procédure de M. P. Sponner sur l'Égypte" par le Comité royal agricole et financier, publié
 par M. Blandin et M. de la Roche, dans les Annales des Ponts et Chaussées.

« Les longueurs des quatre portions de barrage, qui sont d'ailleurs
 « de construction analogue avec de très légères différences, sont respec-
 « tivement les suivantes :

« 487 $\frac{1}{2}$ pieds, 2862 $\frac{1}{2}$ pieds, 1548 $\frac{1}{2}$ pieds et 2584 $\frac{1}{2}$ pieds.
 « La structure de l'ouvrage consiste en un massif ayant 130 pieds
 « de largeur à la base, 48 pieds de haut et deux milles et demi de longueur.
 « Les murs avant et arrière reposent sur deux lignes de puits en briques ayant 6 pieds
 « de diamètre et enfoncés de 6 pieds au dessous du lit de la rivière.
 « L'espace entre les murs est rempli avec du sable et des débris
 « de carrière.

« Le profil en travers du barrage consiste d'abord en une partie
 « horizontale de 10 pieds de large et de 4 pieds d'épaisseur à la suite
 « de laquelle se trouve un talus légèrement concave de 28 pieds de large
 « et de 4 pieds seulement d'épaisseur; la surface supérieure est protégée
 « par un dallage soigneusement rejointoyé; enfin un entrochement de
 « 80 à 90 pieds continue le talus aval. Sur les deux côtés de chaque
 « portion du barrage, les murs en aile et des perrés de défense réu-
 « nissent l'ouvrage avec les rives principales ou avec les bords des îles
 « de façon à ce que les courants ne tournent pas les ouvrages. Entre les
 « diverses sections de barrage en maçonnerie il y a de puissantes
 « digues en terre, protégées par des perrés, établis en travers des îles.

« Sur les bords extrêmes, rive droite et rive gauche il y a un
 « barrage mobile composé de 15 poteaux ayant chacun 6 pieds de
 « large, sur ces mêmes bords débouchent les canaux d'irrigation
 « munis de leurs têtes non seulement de prises d'eau régulières,
 « mais d'écluses de navigation de 100 pieds de long. À la pointe de
 « l'île centrale, formant pratiquement le point de division des deux
 « branches principales de la rivière sont situées les prises d'eau et
 « l'écluse du canal irriguant le delta central compris entre les
 « deux branches du Godavary.

« Du barrage de Bowlaishweram partent trois
 « canaux principaux: le premier irriguant le delta oriental a
 « une largeur de 184 pieds au fond et une profondeur d'eau de
 « 5 pieds; le second irrigue le delta central et a 114 pieds de large et
 « 4 pieds de profondeur d'eau; enfin le troisième irrigue le delta occidental par plusieurs
 « canaux qui réunis en un seul donnent une largeur de 22 pieds et 10 pieds de profondeur.

« De ces canaux principaux partent de nombreux co-
 « branches couvrant le delta et se terminant en général sur le
 « littoral.

« Un des principaux canaux dans le Delta central traverse
 « un bras secondaire du Godavary sur un remarquable aqueduc
 « en briques ayant 10 arches et une longueur totale de 2.246 pieds.

Il y a en tout dans le delta du Godavari une longueur de 36 milles de grands canaux d'irrigation ou même temps navigables et 1732 milles de petits canaux de distribution. La surface commandée par ce réseau est de 772.000 acres presque entièrement irriguée. Dans l'année 1890-1891 la valeur des récoltes irriguées s'élevait à 1.500.000 livres sterling et le revenu était de 12 1/2 pour cent sur le capital dépensé avec une plus-value de 114 000 livres sterling.»

Nous allons passer maintenant à la description des ouvrages que nous proposons.

Emplacements des ouvrages à établir au sommet du Delta

48 Nous proposons⁽¹⁾ de barrer le Fleuve Rouge et ses deux défluent, le Day et le Song Calo un peu à l'aval de leur point de séparation et notamment de barrer le fleuve Rouge à Palan

Nous allons examiner successivement les ouvrages à construire sur ces trois bras

Ouvrages sur le fleuve Rouge à Palan

49 Les ouvrages à construire sur le fleuve Rouge à Palan doivent satisfaire aux conditions suivantes:

- 1° Ils doivent rendre le plan d'eau de 11^m/100 au dessus du niveau d'étiage de façon à amener en hiver l'eau au niveau des rizières;
- 2° ils doivent présenter des dispositifs tels que le lit du fleuve ne se surhausse pas à l'amont, ce qui serait désastreuse au point de vue de l'écoulement des crues⁽²⁾
- 3° - Ils doivent ne pas interrompre la navigation du Fleuve Rouge.

De là trois sortes d'ouvrages: un barrage fixe, un barrage mobile et une écluse à sas. Le barrage fixe aura 800 m de longueur; le barrage mobile, 200 mètres; l'écluse à sas sera placée sur la rive droite du fleuve; près de cette écluse sera la prise d'eau qui doit irriguer la partie du delta comprise entre le Day et le fleuve Rouge; l'entrée de l'écluse ainsi que la prise d'eau, seront garanties contre les ensablements par suite du voisinage du barrage mobile. Nous allons passer en revue ces divers ouvrages et en donner une description sommaire.

Barrage fixe

Sa crête sera arasée à 11^m/100 au dessus de l'étiage (voir dessin pièce n°20) il sera constitué par un simple revêtement en maçonnerie de 1^m 50 d'épaisseur formant chenalet autour d'un massif de sable fortement pilonné. Il comprendra en amont une paroi verticale de 11^m/100 de hauteur.

⁽¹⁾ Palan est au sommet du Delta: le passage de Palan est pour ainsi dire le dernier

puis un seuil horizontal de 8^m00 de largeur qui sera lui-même continué par un talus de 6^m50 de largeur légèrement concave; le pied de ce talus sera protégé par des enrochements sur 20 mètres environ de longueur. Les deux extrémités amont & aval de ce barrage seront supportées par des murailles forcées à l'air comprimé de 3^m00 de largeur et de 7^m00 de profondeur, dont le sommet affirmera au niveau des basses eaux; ces murailles seront construites à l'air comprimé par caissonnées de 30 mètres de longueur jointonnées les unes avec les autres de façon à former deux crans continus.

On pourra même garnir la crête du barrage de montants en fonte munis de rainures de façon à recevoir des poutrelles et à arriver ainsi à surélever encore de 0^m50 à 0^m75 au dessus de 4^m la tenue d'eau du barrage.

Toutes ces dispositions sont inspirées du barrage du Gadabey.

Barrage mobile.

Nous adoptons pour le barrage mobile le type de barrage de Poos qui est un barrage à rideaux soutenus par des parties mobiles suspendues à une poutre supérieure.

(1) voir pièce n° 21

le dernier rapide du fleuve Rouge nous disait récemment M le Lieutenant de Vaisseau Morge, Commandant la Canonnière le "Moulon", et qui a beaucoup étudié le fleuve Rouge. C'est pour quoi nous avons désigné Salan pour l'emplacement de notre barrage. En faisant cette désignation nous n'avons pas la prétention de préciser l'emplacement définitif, lequel pourra être à plusieurs kilomètres soit à l'amont soit à l'aval du village de Salan et qui ne devra être fixé qu'après des sondages et des forages longs et coûteux.

2. Nous avons calculé que les ouvrages que nous projetons ne réduiront pas l'écoulement aux hautes eaux qui de 2 et qui la chute produite n'excède pas la limite de 0^m05.

Principe du barrage de Poses ou système Caméré.

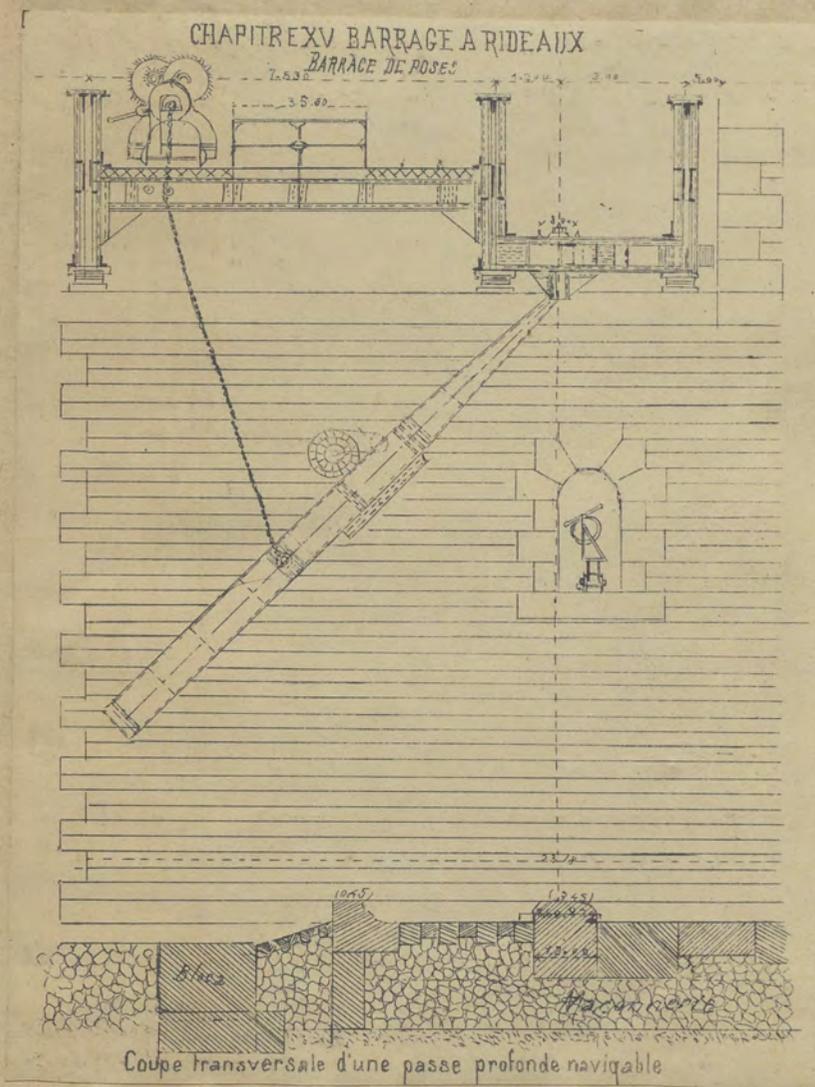
Ce barrage se compose d'une série de passes ayant chacune environ 30 mètres d'ouverture, comprises entre des piles de 4^m 00 d'épaisseur qui supportent une passerelle à croisillons de 11^m 00 de largeur placée au dessus des plus hautes eaux. A la partie inférieure de cette passerelle, du côté d'aval, s'articulent de longues poutres en tôle qui pendent jusqu'au radier, et buttent, lorsqu'elles sont à peu près verticales contre une saillie de ce radier. Ces poutres en tôle ainsi appuyées à leur deux extrémités sont destinées à remplacer les fermettes ordinaires des barrages mobiles, et à recevoir le rideau mobile étanche qui formera la retenue.

Pour rendre les eaux à leur cours naturel il suffira d'enlever le rideau et de replier les poutres sous la passerelle comme

l'indique le croquis ci-contre; la rivière sera alors absolument libre et il ne restera sur son seuil que des saillies insignifiantes.

Mais renvoyons⁽¹⁾ au mémoire de M. Caméré, Ingénieur en chef, pour les détails des ingénieux organes qui rendent courantes et pratiques toutes les manœuvres dont nous venons de parler.

Il est inutile d'insister sur la convenance parfaite de ce système de barrage pour les rivières à fond mobile dont on ne veut pas surhausser le fond en arrêtant le mouvement des sables: on conçoit en effet, que ce mouvement des sables surtout important au moment des hautes eaux



(1) Collection de dessins distribuée aux élèves de l'École des Ponts et Chaussées tome III 4^e fascicule.

ne subira pas de changements notables puisqu'à ce moment-là le barrage mobile sera levé.

C'est précisément pour ne pas changer le régime du fleuve Rouge et ne pas surhausser son lit de 4^m.00 jusqu'à la crête du barrage fixe que nous prévoyons un barrage mobile du système Camère.

Cet barrage mobile aura 200^m de largeur environ; il comprendra six travées de 30^m avec piles de 4^m.00 d'épaisseur. Les deux travées du milieu auront leur seuil établi à 1^m.50 au dessous des basses eaux; les trois travées de part et d'autre des travées centrales auront des seuils de plus en plus élevés, respectivement à 1^m.00, à 0.50 et 0^m.00 au dessous du niveau des basses eaux, de cette façon on peut espérer appeler et fixer le chenal vers les passes profondes du barrage mobile de façon à ce qu'il n'affaiblisse pas ni les fondations de l'écluse de navigation sur la rive droite, ni le barrage fixe sur la rive gauche et que pourtant il ne passe pas trop loin de l'entrée de l'écluse dans le double but d'en dégager l'accès de tout apport de sable et d'en faciliter l'accès aux bateaux.

Cet important ouvrage sera fondé au moyen de l'air comprimé sur des massifs descendant jusqu'à 20^m.00 de profondeur (c'est à cette profondeur seulement, vu la nature alluvionnaire du Delta, qu'on peut espérer trouver une couche de sable suffisamment résistante,) la distance entre le nu des piles ou culées, sera d'environ 30 mètres; les piles ou culées auront 4 mètres de largeur, les fondations auront 13 mètres de largeur dans le sens du courant.

Ecluse à sas de navigation. (1)

L'écluse aura 50 mètres de longueur, 12 mètres de largeur; son radier aval sera établi à 2 mètres au dessous des plus basses eaux à l'aval de façon à maintenir le tirant d'eau de 1^m.50 que présente actuellement le fleuve aux basses eaux; cette écluse sera faite pour une chute de 4 mètres; les murettes et les terre-pleins seront montés au dessus des plus hautes eaux, à la hauteur des diques avoisinantes. L'écluse sera continuée par un chenal-endigué de façon à rejoindre le cours du fleuve Rouge.

Remarquons incidemment que la construction d'un barrage au sommet du Delta améliorera les conditions de la navigation à l'amont; dans le champ de remous occasionné par le barrage, le tirant d'eau sera augmenté.

(1) Les travaux de navigation dont il sera parlé au chapitre suivant dispenseront de la description de cette écluse à sas qui ne figure d'ailleurs pas sur la planche 15

sur une quarantaine de kilomètres environ.

Prise d'eau de Lalan

Nous avons au chapitre précédent décrit les prises d'eau par siphon et nous avons appelé l'attention sur la supériorité de ce mode de prises d'eau; c'est le même système qui pourra être adopté ici. C'est pour pouvoir utiliser les prises d'eau d'été en vue des irrigations d'hiver que nous avons proposé au chapitre II d'établir des prises d'eau à un niveau plus bas qu'il ne serait nécessaire pour les irrigations d'été. Mais comme le débit d'eau à fournir sera plus considérable et la charge moindre, les prises d'eau d'été devront être renforcées par l'adjonction d'un nombre suffisant de gros siphons.

Ainsi à Lalan, la prise d'eau d'été devra pouvoir débiter 100 m^3 à la seconde sous une charge de $1^{\text{m}} 50$ ce qui nécessitera 20 siphons de $1^{\text{m}} 30$.

Ouvrages complémentaires

Il y a deux sortes d'ouvrages complémentaires à prévoir:

- 1° des travaux de fixation du lit mineur et du chenal à l'amont et à l'aval;
- 2° des travaux de défense aux extrémités du barrage pour que ce barrage ne soit pas tourné.

Les travaux de fixation du lit mineur et du chenal dans ce lit mineur devront s'étendre à 3 kilomètres à l'amont et à 3 kilomètres à l'aval. Ce seront même les travaux à entreprendre en tout premier lieu et ils devront être dirigés de façon à amener le chenal au point du barrage où l'on désire le faire passer. Ainsi que nous l'avons dit dans un autre article, il faudra s'inspirer pour ces travaux des dispositions préconisées par M. et M^{me} Fargue et Girardon: épis longitudinaux et transversaux, seuils de ponts, etc....

Les travaux de défense aux extrémités du barrage rentrent pour ainsi dire dans ces travaux de fixation du lit mineur.

La pièce N° 11 donne le profil du terrain à l'emplacement que nous avons choisi pour le barrage; ce profil montre que les ouvrages que nous proposons de construire s'appuient sur la rive droite, tandis que sur la rive gauche les ouvrages viennent s'appuyer sur une berge élevée de $5^{\text{m}} 50$ environ au dessus des basses eaux et la digue rive gauche est éloignée de 2 kilomètres environ du bord de la berge. Les travaux à faire pour que le barrage ne soit pas tourné consisteront à défendre la digue rive droite et le talus de la berge rive gauche.

(1) On pourrait craindre avec juste raison qu'avec un aussi grand nombre de siphons, le système d'amorçage soit insuffisant; il n'en est rien, pourvu qu'on ait recours à l'artifice suivant: on commence par amorcer dans un ou trois gros siphons en isolant les autres, et ensuite on se sert des premiers pour amorcer tout le système.

par des pierres, des enrochements, véritables travaux de fixation du lit mineur rentrant dans la catégorie des travaux dont nous parlions au chapitre précédent.

50 - En outre des ouvrages à établir à Palan sur le fleuve Rouge, il y a à barrer le Day et le Song-Ca-Lo un peu au dessous du sommet du Delta

Il n'y a pas à prévoir d'ouvrages de navigation pour le passage des bateaux à travers les barrages à établir. D'abord les défluent Day et Song-Ca-Lo sont à sec ou presque à sec au moment des basses eaux; en février dernier, nous avons fait faire un levé à l'entrée du Day; cette entrée avait son point bas à 1^m00 au dessus des basses eaux du fleuve Rouge.

Sur le Day, nous proposerions de construire un barrage fixe ayant 200^m et un barrage mobile de 50 m. Situé au milieu du premier le Song-Ca-Lo est très encaissé; il suffira de construire un barrage mobile de 80 m de longueur. Ces travaux de barrage devraient être complétés par des travaux de défense, de pierres et d'enrochements aux extrémités pour que les ouvrages ne soient pas tournés.

51 - Les emplacements des prises d'eau seraient les mêmes que ceux des prises d'eau dont nous avons parlé à l'occasion des irrigations d'été; du moins pour celles de ces prises d'eau qui sont à l'amont de notre barrage. Les mêmes ouvrages pourront même être utilisés.

Nous rappellerons donc qu'il était prévu des prises d'eau:

- 1^o à Palan près du grand barrage pour l'irrigation de la partie comprise entre le Day et le fleuve Rouge
- 2^o un peu en amont de Son-Cay pour l'irrigation de la rive droite du Day,
- 3^o près du point où le Song-Calo se détache du fleuve Rouge, pour l'irrigation de la région comprise entre le Song-Calo, le Song-Cau et le canal des Rapides

Ces mêmes prises d'eau pourront servir pour l'irrigation en hiver des régions correspondantes; il y aurait seulement lieu de les augmenter attendu que le débit d'eau à donner par hectare doit être plus considérable en hiver qui est la saison sèche qu'en été qui est normalement la saison des pluies (1 litre en hiver ou bien de 2.4 à 0.5 en été)

Siphon à établir sous le canal des Rapides

51 Il semble que le grand barrage que nous projetons au sommet du Delta ne permettrait pas l'irrigation de la région comprise entre le fleuve Rouge, le canal des Rapides le Chai-Binh et le canal des Bambous. Il n'en est rien, il suffira de faire passer en siphon sous le canal des Rapides une maîtresse branche des canaux d'irrigation de la province de Bac-Minh, dans le voisinage du point de séparation du fleuve Rouge et du canal des Rapides; de cette façon en prolongeant cette branche à Phi-Liet et à Nghi-Huyên (emplacement des prises d'eau dont nous avons déjà parlé à l'occasion des irrigations d'hiver) on aura résolu le problème d'irriguer la région considérée au moyen de la prise d'eau faite à l'amont du barrage sur la rive gauche du fleuve.

Importance des diverses prises d'eau

52 Les quantités d'eau à fournir pour les diverses prises d'eau seraient les suivantes

Prise d'eau de Salari	100 $\frac{m^3}{s}$
— d' — de Fontay	60 $\frac{m^3}{s}$
— d' — de la rive gauche du fleuve Rouge	180 $\frac{m^3}{s}$

Total 340 $\frac{m^3}{s}$

Le débit du fleuve étant de 600 $\frac{m^3}{s}$ au minimum, à Fontay, on voit qu'il pourra suffire aux besoins des irrigations d'hiver.

Canaux d'irrigation.

53 — À propos des irrigations, nous avons fait observer qu'en dehors de la question des prises d'eau, il y a à s'occuper de la question non moins importante du tracé et de la construction du réseau des canaux d'irrigation. Nous avons déclaré à cette occasion que cette étude ne pourrait être entreprise sérieusement que quand on aurait procédé à un nivellement de précision du Delta; nous nous sommes contenté précédemment de donner l'esquisse d'un réseau de canaux à établir dans la région comprise entre le fleuve Rouge, le Bay et le canal de Phu-Ly. Nous avons à répétition les mêmes observations à l'occasion des irrigations d'hiver, en faisant remarquer toutefois que les canaux prévus pour les irrigations d'été devront être élargis notablement pour pouvoir suffire au besoin des irrigations d'hiver; mêmes observations également en ce qui concerne l'utilisation possible des canaux d'irrigation pour la navigation intérieure.

Travaux d'
évacuation des
eaux

54. Sans avoir l'importance capitale qu'ils ont pour les irrigations d'été les travaux d'évacuation des eaux au bas des provinces auront un certain intérêt pour les irrigations d'hiver; cette évacuation est d'ailleurs alors très facile, car elle peut se faire directement aux arroyos, alors notablement au dessous du niveau des rizières.

C'est surtout dans le bas des provinces d'Hanoi et d'Hong-Yên qu'il y aurait lieu de prévoir ces arroyos d'évacuation.

Ces travaux sont beaucoup moins coûteux que ceux qui seraient nécessaires pour l'évacuation des eaux en été siphons sous les rivières nous croyons faire remarquer que si on décidait pourtant d'établir un siphon, par exemple, sous le canal de Phu Ly, on pourrait se servir de ce siphon en hiver pour perfectionner l'irrigation au sud du dit canal, bien que nous ayons déclaré, en effet, que cette région est suffisamment arrosée en hiver, cette appréciation n'est pas absolue et il serait certainement utile quelquefois d'avoir un appoint d'eau supplémentaire.

Irrigations à l'amont du barrage 55 - Les irrigations seront faciles à l'amont du barrage, du moins jusqu'à la distance où le remous du barrage amènera le plan d'eau suffisamment près des rizières

§ 2 - 2^e Solution - Etablissement en divers points du Delta d'usines élévatoires hydrauliques

Exemples de grandes usines élévatoires hydrauliques pour irrigations établies en Egypte

56 - Cette 2^e solution a été appliquée sur une assez grande échelle en Egypte, surtout à la suite de la non réussite du grand barrage de Gardieh: au lieu de surélever les eaux de 4^m 50^c, ce barrage n'a pu les surélever que de 3 mètres; hâtons nous de dire que cette non réussite ne condamne pas la solution du barrage, car elle tient uniquement à des vices de construction qu'il sera facile d'éviter à l'avenir, surtout depuis que les procédés de fondations ont été merveilleusement perfectionnés par suite de l'invention de l'air comprimé.

Aux Indes anglaises, les usines élévatoires n'ont été employées que sur une très petite échelle.

¹¹ On a même reconnu depuis qu'avant d'être rompue pour évaluer le niveau à aval et que sans changer la cote du niveau à amont, il faudrait compter une retenue d'eau de 5^m 80 au lieu de 4^m 50

En Egypte, on a employé les types les plus divers de pompes: vis d'Archimède, roues Sagebien, pompes centrifuges à axe horizontal ou à axe vertical, noyées ou montées en siphon, etc, etc, les machines à vapeur et chaudières employées ont suivi les perfectionnements si rapides à notre époque de ce genre de moteurs, de façon à diminuer de plus en plus la consommation de charbon.

Les principales installations sont établies à la prise d'eau du canal le Khataabé et à la prise d'eau du canal Mahmoudieh (à Akfeh); une installation secondaire d'usine élévatrice, mais d'une certaine importance néanmoins, est celle de l'entreprise d'assèchement du lac d'Aboukir.

La puissance élévatrice de l'usine de Khataabé est de 2.592.000 mètres cubes qui peuvent fournir cinq machines Farco actionnant séparément et directement cinq pompes centrifuges à axe vertical de 6^m90 de diamètre extérieur. La roue à ailettes des pompes à 3^m80 de diamètre, 1^m40 de hauteur près de l'axe et 0^m70 près des bords. Chaque pompe peut débiter normalement 6 mètres cubes par seconde à 3 mètres de hauteur et à la vitesse de 32 tours par minute, soit, pour les cinq pompes, 30 mètres cubes correspondant à une puissance de 12.000 chevaux. Le débit journalier de 2.592.000 mètres cubes peut être augmenté de 500.000 mètres cubes au moyen de trois anciennes vis d'Archimède provenant d'une première installation défectueuse et qui avait dû être abandonnée. Les pompes du Khataabé fonctionnent pendant un nombre de jours qui varie suivant les crues de 150 à 240 jours pendant lesquels la quantité moyenne d'eau élevée est d'environ 2 millions de mètres cubes par jour (voir les dessins, pièce N° tirés de l'ouvrage de M. Barois, déjà cité).

L'établissement d'Akfeh se compose de 8 roues Sagebien de 10 mètres de diamètre et de 3^m60 de largeur élevant l'eau à 2^m60 environ. Le débit total est de 2.500.000 mètres cubes par 24 heures; le débit moyen est de 1.850.000 m³ pendant un nombre de jours qui varie suivant les crues entre 190 et 245.

Les machines de l'entreprise de dessèchement du lac d'Aboukir⁽¹⁾ se composent de deux machines Compound actionnant directement deux pompes centrifuges de 1^m20 installées en siphon (voir croquis dessin pièce N° 22); de 4 générateurs de 2 mètres de diamètre et 6^m10 de long, dont un de rechange.

Voici quelques données intéressantes sur la marche de ces machines

(1) Voir au sujet des établissements du Khataabé et du Mahmoudieh, le bulletin des Ingénieurs civils de novembre 1886 (compte rendu par M. Brüll) et le mémoire de M. G. Bodras Pachá d'Aboukir, paru dans le *Journal des Ingénieurs civils*, année 1886 - Nous donnons pièce n° 22, le croquis de ces machines.

Pression moyenne à la chaudière	2 ^K , 25
vide moyen dans le condenseur	0, 672
nombre de Tours par minute	70, 00
hauteur maxima d'élevation	2 ^m , 18
— d'— minima — d'—	2 ^m , 03
— d'— moyenne	2 ^m , 105
débit moyen de chaque pompe par seconde	3 ^m ³ , 666
Travail effectif en eau montée	106 ^{ch^x} , 45
Travail moyen indiqué	195 ^{ch^x} , "
rendement, rapport entre le travail effectif en eau montée et le travail indiqué sur les pistons	0, 546
Consommation en charbon par heure et par cheval effectif.	1 ^K , 39

Cette dernière installation à paraît-il coûtée 440.000 francs⁽¹⁾

La présence de mines. 57. — Si on a jugé à propos d'établir de grandes usines de charbon au éleveurs en vue des irrigations en Egypte dans un pays Confin est un argu. dépourvu de bois et de charbon, il y a tout lieu de penser ment pour l'établisse- qu'il faut en faire une application beaucoup plus opportune ment de machines au Confin dans un pays merveilleusement doué au point de élévatoires. que des forêts et des mines de charbon.

Emplois des usines et leur puissance 58. — Une question fort importante à résoudre quand on veut deposer le projet d'irrigation du Delta en hiver au moyen d'usines élévatoires hydrauliques, est de savoir comment on répartira ces usines dans les diverses régions du Delta; aura-t-on recours à de puissantes usines mais en petit nombre ou donnera-t-on la préférence à une multitude de petites usines dispersées en un grand nombre de points le long des cours d'eau? Il convient d'observer à ce sujet que la hauteur dont il faudra monter l'eau aux divers points du Delta sera un peu différente d'un point à un autre, en sorte que la première solution présentera sur la seconde tout au moins au point de vue du travail de la montée de l'eau la supériorité de la grande industrie sur la petite. (meilleur rendement des machines, économie de combustible et de personnel); il est vrai que cette première solution exigera des canaux d'irrigation plus considérables, plus coûteux à construire, plus coûteux à entretenir attendu qu'ils exigeront des curages plus importants; on ne pourra donc se décider qu'

laque établie sur la digue Nord du canal de Ohn-Ly permettant d'assecher en été le Sud de la province d'Assouan et remplaceraient peut-être avantageusement le système dont nous avons parlé au chapitre II

(1) Renseignements extraits du très intéressant ouvrage "Le Nil" par Chézy, paru chez Gauthier 1891

67
après une étude plus approfondie de la question; nous pensons, néanmoins que cette étude conduira à la concentration des usines plutôt qu'à leur dissémination et de cette concentration poussée à l'extrême dont nous supposons, pour fixer les idées, l'adoption dans ce qui va suivre.

D'après nous, il y aurait à construire des usines élévatoires aux points déjà indiqués pour l'installation de siphons prises d'eau (voir pièce N° 17) à savoir:

1° Une usine élévatoire à Salan, susceptible de débiter 100m^3 à la seconde pour l'irrigation de la région entre le fleuve Rouge, le Day et le canal de Phu-Ly.

2° Une usine élévatoire près du point de départ du Song-Calo, capable de débiter également 100m^3 à la seconde pour l'irrigation de la région comprise entre le fleuve Rouge, le Song-Calo, le Song-Cau et le canal des Rapides.

3° Une usine élévatoire un peu en amont de Son-Tay pouvant débiter 60m^3 à la seconde pour l'irrigation jusqu'à My-due de la rive droite du Day.

4° Une usine élévatoire près de Phi-Siet sur la rive gauche du fleuve Rouge un peu au sud du point de départ du canal des Rapides, cette usine débitant 80m^3 à la seconde, servirait à l'irrigation de la région comprise entre le canal des Rapides, et le fleuve Rouge, le canal des Bambous et le Chai-Kim.

Il faudrait voir pour cette région s'il n'y aurait pas lieu, à la place d'une usine unique à Phi-Siet, d'établir deux usines: une à Phi-Siet et l'autre Ngai-Kouyên.

Il faut compter pour ces diverses usines une hauteur d'élévation moyenne de 3m (ce chiffre de 3m est déduit des courbes de hauteur du fleuve pendant 5 ans et un fonctionnement durant 4 mois).

§ 3 Supériorité de la solution du grand barrage.

Solution à adopter dans le Delta pour l'amélioration de la navigation intérieure.

59. - Nous nous sommes occupés principalement jusqu'ici de l'aménagement des eaux du Delta en vue des besoins de l'agriculture; il y a un point de vue non moins important que nous n'avons certes pas oublié, mais sur lequel il convient de revenir avec plus de détails, c'est l'aménagement des canaux d'irrigation en vue des besoins de la navigation.

Faisons abstraction de tout ce que nous avons dit jusqu'ici et posons le problème de la navigation intérieure dans le Delta.

Deux solutions s'offrent à nous :

La première solution consiste dans des travaux de régularisation et de fixation du lit et des rives des rivières à fond mobile qui constituent les rivières du Delta. C'est la méthode appliquée au Rhône en France (1) et à quelques rivières en Allemagne. C'est une méthode délicate, difficile, coûteuse (sur le Rhône 114.000^{fr} le kilomètre), incertaine et qu'il n'est dans l'ignorance la plus absolue au moment où l'on commence les travaux sur le tirant d'eau qu'ils permettent d'obtenir (2)

La deuxième solution est celle des canaux artificiels à niveau fixe avec écluses (3)

C'est une solution économique et où l'on est certain du tirant d'eau réalisé.

Il n'est jamais venu à l'idée de personne de procéder à l'aménagement général (4) des rivières du Delta au moyen de la première solution. On voit le labyrinthe d'arroyos dont on essaierait de fixer le lit mineur; c'est déjà d'une difficulté considérable pour un fleuve comme le Rhône, qui serait-ce ici où les arroyos sont sinués, nombreux, où les courants de la mer remontent plus ou moins haut. Sur le Rhône, au dire de M. Nauailhac-Pisoch, M. Sacquet lui-même semblait devoir donner son adhésion à un projet de M. Nauailhac-Pisoch de trois points semblable à la solution par barrage que nous proposons pour le delta du Tonkin (5)

La solution par canaux est au contraire la solution universelle; nous venons de dire qu'elle était proposée par M. Nauailhac-Pisoch pour le delta du Rhône, mais c'est un bien petit delta et il convient que nous allions chercher nos exemples ailleurs, en Egypte, aux Indes.

Pour l'Egypte, nous devons avouer que la navigation n'est pas très prospère sur les canaux du Delta; mais cela tient à ce que le gouvernement égyptien a sacrifié ces canaux aux chemins de fer. Mais aux Indes les Anglais ont merveilleusement fait servir les grands canaux d'irrigation au développement de la navigation intérieure; chez eux il n'est pas rare de trouver l'exemple d'une rivière mise presque complètement à sec en un certain point de son parcours à l'étiage, afin d'alimenter des canaux destinés à la fois à l'irrigation et à la navigation.

(1) En dehors du delta du Rhône.

(2) Voir comptes rendus du Congrès de 1889 sur l'utilisation des eaux fluviales (page 451)

(3) Nous ne parlons pas bien entendu de la canalisation des rivières elles-mêmes du Delta, ce qui serait pourtant possible et constituerait une troisième solution encore plus coûteuse que la première

(4) Cela ne veut pas dire qu'en certains points il ne convienne pas de fixer le chenal comme par exemple dans la traversée des villes et notamment devant Hanoi

(5) Voir compte rendu du Congrès de 1889 (pages 397-398)

Cessons maintenant de faire abstraction des travaux dont nous avons parlé au chapitre précédent, examinons l'influence que ces travaux peuvent avoir sur la navigation des rivières du Delta Tonkinois.

Certaines personnes craignent que si on ne fait pas certains travaux quand les irrigations d'hiver auront leur plein développement et qu'on prendra au fleuve la moitié de son débit pour le déverser dans les canaux d'irrigation le niveau d'étiage du fleuve baisse et qu'on ne trouve plus le tirant d'eau de 2^m00 qui existe actuellement entre Hanoi et Haiphong. Nous partageons entièrement cette préoccupation; quant à dire de combien et sur quelle étendue, le niveau d'étiage sera abaissé à l'aval de Palan, dans la solution par barrage par exemple, si on ne fait aucun travail pour corriger l'inconvénient signalé, il est impossible de le dire; pourtant on peut affirmer que l'étendue ou la diminution d'étiage qui se fera sentir ne descendra pas beaucoup au delà de Hanoi, puisque à l'étiage la marée se fait sentir à quelques kilomètres seulement au dessous de cette dernière ville.

Quoi qu'il en soit, il est évident que la solution du grand barrage au sommet du Delta résout le problème de l'amélioration de la navigation intérieure dans le Delta, tandis que la solution par usines élévatoires sacrifie complètement les intérêts de la navigation.

Quels sont les canaux de navigation à établir dans le Delta?

Quand le lever et le nivellement exacts du delta seront faits ainsi que nous ne cessons de le répéter (et le principal but de ce mémoire est de démontrer l'utilité urgente de ces opérations), quand le régime des eaux sera plus complètement étudié, alors seulement il sera possible d'aborder le problème du réseau de canaux à établir.

Ce que nous pouvons affirmer dès maintenant c'est que les deux principaux canaux de navigation à établir seront les suivants: un premier canal sur la rive droite du fleuve Rouge allant du sommet du delta à Hanoi et dans le bas de la province, et un second canal sur la rive gauche du fleuve Rouge allant du même sommet à Haiphong; de cette façon on établira des communications plus directes et plus sûres que celles qui existent actuellement entre Haiphong le port du Tonkin et le fleuve Rouge, ainsi qu'entre Haiphong et Hanoi.

(1) Actuellement pour aller d'Haiphong à Hanoi et au fleuve Rouge, il faut passer par le canal des bambous (le mot canal est impropre: c'est une rivière à courant libre) le canal a des sinuosités sans fin; au moment de l'étiage s'est à peine de 1 mètre de tirant d'eau de 2 mètres. Il faut attendre que la marée soit haute. Certains points du canal des bambous où pour les ans les bateaux à vapeur faisant le service entre Hanoi et Haiphong s'éduquent fréquemment, actuellement la distance entre Hanoi et Haiphong par la voie fluviale est de 194 kilomètres; elle serait réduite à 105 kilomètres avec les canaux proposés. De même la distance entre Haiphong et le sommet du Delta est actuellement de 212 kilomètres; elle serait plus que de 150 kilomètres.

Quand nous disons plus haut qu'il faudra construire des canaux nous nous avançons trop probablement (c'est à qui décideront les études définitives), suffira-t-il d'aménager seulement et de munir d'écluses à sas certaines artères principales du réseau de canaux d'irrigation.

Le canal à établir sur la rive droite du fleuve Rouge aura environ 75 Kilomètres, dont 20 Kilomètres entre Salan et Hanoi; le canal à établir sur la rive gauche du fleuve Rouge jusqu'à Nap Cau aura environ 45 Kilomètres. Il conviendra de donner à ces deux canaux une grande largeur, 25 mètres au plafond et un tirant d'eau de 3m. Il devront être munis, chacun à leurs extrémités d'écluses à sas et même, aux extrémités d'aval, ces écluses à sas devront avoir portes d'ebbe et portes de flot; pour le canal de la province de Hanoi, il y aura lieu d'établir une écluse à sas intermédiaire au dessous d'Hanoi. Ces écluses auront 50 mètres de longueur et des portuis de 12 mètres.

Dans l'ordre d'exécution des travaux les deux canaux dont nous venons de parler devront passer, au premier degré d'urgence. Au fur et à mesure, en effet, que les irrigations se développeront, le cube d'eau pris au fleuve à l'étiage s'approchera du chiffre de 340^{m³} à la seconde qui est la moitié environ du débit d'étiage, ce qui amènera forcément une diminution du tirant d'eau dans le fleuve Rouge, du sommet du Delta jusqu'à une certaine distance à l'aval d'Hanoi, à moins que l'on ne fasse certains travaux de rétrécissement du lit mineur, travaux difficiles et incertains que nous nous empressons de ne pas conseiller. L'exécution des deux canaux de navigation dont nous avons parlé portera remède à cet inconvénient avant qu'il ne se produise.

§ 4. Aperçu sur les dispositions à adopter pour les canaux et ouvrages d'art à établir dans le delta du Tonkin dans l'hypothèse de la construction d'un grand barrage au sommet du Delta.

59^{bis} - Ne possédant pas des éléments assez nombreux sur le nivellement du Delta nous n'avons pas cru devoir incorporer dans notre travail l'esquisse du tracé d'un réseau de canaux dans la province d'Hanoi, qui nous a servi pour l'évaluation approximative des dépenses portées dans notre mémoire (Chap. V)

Nos idées sont pourtant dès maintenant très arrêtées sur le principe des dispositions à adopter, en sorte qu'il nous suffirait d'avoir un lever et nivellement suffisamment exacts du terrain pour

que nous sommes en mesure de rédiger en quelques mois de véritables avant-projets des nombreux ouvrages à exécuter.

Nous croyons utile de résumer ci-après les principes qui conviendraient d'adopter dans la rédaction de ces projets, principes ayons soin de le dire, dont nous avons puisé la source dans les travaux des ingénieurs de l'Inde et principalement des ingénieurs de la Présidence de Madras.

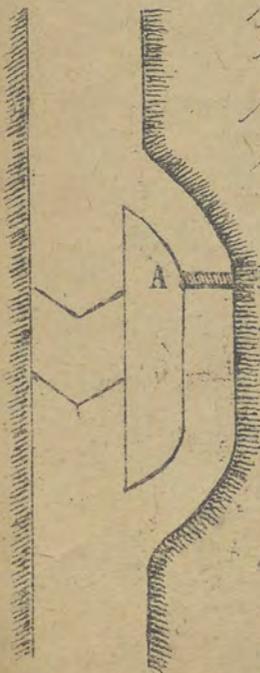
Double réseau de canaux d'irrigation et de canaux d'assèchement ou drains

On aura soin de prévoir un double réseau de canaux d'irrigation et de canaux d'assèchement ou drains. Les canaux d'irrigation devant servir souvent à la navigation et être munis d'ouvrages d'art importants, écluses à sas, barrages, diversoirs, prises d'eau, etc...; il y aura tout avantage à les faire aussi droits que possible et dans des terrains non vaseux; il conviendra donc de ne pas chercher systématiquement à suivre pour le tracé de ces canaux les anciens arroyos plus ou moins tortueux, plus ou moins envasés qui servent actuellement à l'écoulement des eaux de pluie dans les divers casiers du delta; ces anciens arroyos serviront plus utilement comme canaux d'assèchement, de drains: il suffira de les droquer et quelquefois de les rectifier.

Canaux principaux

Les canaux d'irrigation se diviseront en deux catégories: canaux principaux qui seront munis d'écluses à sas en vue de la navigation et canaux secondaires qui ne sont pas munis d'ouvrages spéciaux pour la navigation.

Les canaux principaux auront autant que possible un tirant d'eau de 2^m 10; ils seront divisés en deux classes: ceux de la première classe auront des écluses de 45 mètres de longueur et 6^m de largeur et au plafond une largeur d'au moins 12 mètres; ceux de la deuxième classe auront des écluses de 31^m 50 et 4^m 50 seulement avec une largeur de plafond de 10 mètres (ce sont les dimensions adoptées dans le delta du Godavéry). Chaque écluse sera munie de diversoir destiné à écarter l'eau destinée à l'irrigation⁽¹⁾



Pour éviter les grands remblais ou les grands déblais le profil en long des canaux suivra autant que possible le profil du terrain naturel, le plafond des dits canaux ayant une légère pente un peu moins forte que la pente superficielle des eaux s'écoulant par le diversoir, tous ces éléments étant pour que le niveau de l'eau dans les canaux soit par rapport au terrain naturel à quelques décimètres au-dessous à l'origine de chaque bief et à quelques décimètres au dessus à la fin de chaque bief. La vitesse moyenne maxima se ne pas dépasser en dehors des diversoirs est de 0^m 30

(1) Ce diversoir des arroyos sera remplacé par un diversoir à sas en vue de la navigation. On aura soin de laisser l'écluse dans l'axe du canal.

par seconde; exceptionnellement dans les pertuis des ponts, on pourra atteindre 0^m/45 (2)

Des déversoirs de trop plein seront ménagés dans les divers biefs conduisant le surplus des eaux aux drains.

Il pourra arriver que les canaux d'irrigation croisent les drains d'assèchement: ceux ci passeront en aqueducs-siphons sous les premiers

Canaux secon- Les canaux secondaires auront des largeurs au plafond, au dessous
daires. de trois mètres, la hauteur depuis le sommet des diquettes n'ayant mille part moins de 0^m.30 de hauteur (Il conviendrait peut-être d'adopter deux ou trois types de canaux secondaires, de façon à avoir un nombre limité de types d'ouvrages d'art.)

Les vauzages de prise d'eau seront établis au dessus du plafond du grand canal et de façon à donner le débit prévu.

La pente du lit de ces canaux secondaires sera répartie par gradins verticaux dont chacun séparera deux paliers. A chaque chute il conviendra d'avoir des rainures, pour installer facilement un barrage destiné à isoler, si on le veut, les différents sections. Les ponts seront placés en général à l'aval de ces chutes.

Chaque canal secondaire aboutira soit à un drain ou bien se déversera dans un autre canal

Il arrivera souvent que l'on sera conduit à prolonger les canaux secondaires par dessous les thalwegs ou les drains. Il y aura lieu alors de munir en ces emplacements les canaux secondaires de déversoirs de pont.

Prises d'eau particulières Les prises d'eau particulières se feront au moyen de tubes ou tuyaux en bois à section rectangulaire de 0^m.25 sur 0^m.20 formés par un lambeau, placés à une hauteur quelconque dans la digue du canal secondaire et au moyen desquels on prendra la quantité d'eau qui sera utile. Ce sera aux villages à distribuer leurs rigoles de façon à conduire leurs excès d'eau dans les drains.

Font sur les lignes de naviga- Nous adopterions volontiers les prescriptions suivantes observées
tion dans le delta du Godavery.

- 1^o s'il y a plus d'une arche, chaque arche aura 9 mètres de largeur, s'il n'y a qu'une seule arche, elle aura 12 mètres.
- 2^o chaque arche devra présenter une longueur de 3^m.60 à une hauteur d'au moins 3^m.30 du niveau des hautes eaux;

(2) Il convient de faire usage de la formule de Bazin: $U = C\sqrt{R}$, en U. désigne la vitesse moyenne, R le rayon moyen de la section transversale et C une constante donnée par la formule $C = \frac{49}{\alpha + \beta}$ avec $\alpha = 0.0028$ et $\beta = 2 \times 1.25$ (voir hydraulique de Flamand page 114 et tableaux IX à la fin du volume)

3° - la vitesse dans les pertuis du pont ne devra pas dépasser $0^m 45$ par seconde

Pour la deuxième classe des lignes de navigation :

1° - pour plusieurs arches, chaque arche aura au moins $8^m 25$;
quand il n'y aura qu'une seule arche, la largeur minima sera de
 9 mètres.

2° chaque arche devra présenter une largeur de 3 mètres à $3^m 25$
au dessus des hautes eaux ;

3° la vitesse dans les pertuis ne devra pas dépasser $0^m 45$ par
seconde.

Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien
EPHE VI^e Section

Chapitre IV

Conditions d'exécution des travaux publics au Tonkin.

Régime de la propriété.

Il est essentiel, quand on veut connaître les conditions d'exécution des travaux publics dans un pays, de ne pas ignorer le régime de la propriété; nous ne pouvons mieux faire que de renvoyer pour cela au mémoire de M. Babonneau, conducteur principal des travaux publics, sur le "Cadaastre au Tonkin". Dans ce remarquable mémoire¹⁰ M. Babonneau étudie l'origine de la propriété, les diverses sortes de biens, le régime des alluvions, etc, etc..., et nous n'avons rien à ajouter ici à son exposé.

Expropriation pour cause d'utilité publique

61 - L'expropriation pour cause d'utilité publique est réglée par le décret du 14 Juin 1893, promulgué le 15 Août suivant, en ce qui concerne "les biens des personnes de toutes nationalités; situés dans les concessions françaises et aux propriétés possédées par les Européens ou assimilés et les Asiatiques étrangers". Ajoutons que ce décret s'applique au Tonkin aux villes d'Hanoi et de Haiphong et aux propriétés ou concessions situées dans tout le Tonkin et appartenant à un Européen ou à un Chinois. Ce décret du 14 Juin 1893 enlève la propriété de toutes les garanties qui existent en France, à l'égard de la propriété individuelle.

En dehors d'Hanoi et de Haiphong, à l'égard des Annamites, qui ont une conception tout autre de la propriété, l'expropriation pour une cause d'utilité publique se fait avec la plus grande facilité. Une ordonnance royale du 10 Juin 1886 stipule que « lorsque la nécessité d'acquies, pour une raison d'intérêt public, une propriété privée aura été proclamée soit par une ordonnance du roi d'Annam, soit par une décision du Gouverneur général, après avis du conseil du Protectorat, cette propriété pourra être acquise moyennant une indemnité préalablement payée. » L'ordonnance ajoute ensuite que le Gouverneur général est investi par délégation spéciale du roi d'Annam, du droit de fixer par des règlements,

¹⁰ Voici le titre des principaux paragraphes: le cadaastre Annamite avant et après Gia-long (1806) origine de la propriété en Annam, diverses sortes de biens, régime des alluvions, locations et impôts de la propriété, cadaastre de Gia-long, révision incomplète du cadaastre entreprise en 1882 par le gouvernement Annamite, révision entreprise par le Gouvernement Français, cadaastre des villes d'Hanoi et de Haiphong, cadaastre de la propriété rurale, ajournement d'une triangulation générale, nature des renseignements

les formalités à observer pour ces acquisitions, mais la procédure d'expropriation n'a pas encore été arrêtée et l'expropriation des indigènes se fait d'une façon toute paternelle, sans formalités sans retards et toujours sans les majorations exagérées si habituelles aux Européens. Ajoutons que pour les ventes de biens des Annamites aux Français les actes de vente doivent être approuvés par les Résidents; cette formalité est une garantie pour l'exécution économique des travaux publics au Tonkin; elle permet d'éviter les achats de terrain faits par des Européens à l'emplacement d'un futur chemin de fer, canal, route, etc...; uniquement en vue de se faire ensuite exproprier.

Pour les travaux des digues il est d'usage toujours nous ne pas même indemniser l'annamite dont on prend la rizière pour établir une digue tout au plus si on l'indemnise des constructions en paille ou des aréquiers qu'il serait nécessaire de faire disparaître pour l'établissement de cette digue.

Législation
annamite sur
les travaux
publics

62 - Mais n'avons, comme renseignements sur la législation annamite des travaux publics que ce qui se trouve à la fin du code Philastre⁽¹⁾, nous croyons savoir que ces renseignements sont fort incomplets; de nombreux décrets, circulaires, instructions etc...; ont été envoyés par le Ministère des Travaux publics de Hanoï; malheureusement ces circulaires sont très difficiles à avoir et elles n'ont pas encore été traduites.

Mais allons donner un aperçu de cette législation telle qu'elle est exposée dans le code Philastre; voici les titres des divers articles des "Lois sur les Travaux".

Lois sur les travaux

Titre I - Des constructions

- Art: 389 - Construire sans autorisation
 art: 390 - Dépense inutilement du travail et des forces pour quelque chose qui ne peut être employé
 art: 391 - Faire ou construire sans se conformer aux règles.
 art: 392 - Consommation frauduleuse de matériaux et objets.
 art: 393 - De la réparation et de l'entretien des greniers et des magasins.
 Art: 394 - Des fonctionnaires et employés chargés d'un service qui ne demeurent pas dans leur résidence officielle

⁽¹⁾ Formis par les plans cadastraux, classement de la propriété, exécution du cadastre à l'entretien et base du contrat entre le Protectorat et l'entrepreneur, provinces où le cadastre a été entrepris, utilités accessoires des opérations cadastrales notamment pour les études d'hydraulique agricole.

(1) Le code annamite traduit par Philastre paru en 1876, chez E. Leroux 26 rue Bonaparte, Paris.

Titre II - Des digues

- Art: 395 - Couper clandestinement les digues des fleuves
- Art: 396 - Manquer le temps opportun et ne pas réparer les digues
- Art: 397 - Empiètements et usurpations sur les rues et les routes
- Art: 398 - De la réparation des ponts et routes.

Voici quelques renseignements sur ces divers articles qui ne dispenseront pas, bien entendu, de consulter le bel ouvrage de M. Philastre,

Titre I. Constructions.

- Art: 389 - "Construire sans autorisation." Il s'agit de travaux publics, tels que nouveaux greniers ou magasins, écoles, ponts, digues, etc...; exécutés par les corvées; il est stipulé dans cet article que ces travaux ne devront être entrepris qu'après approbation de l'Autorité Supérieure; il fixe les indemnités dues aux corvéables indûment convoqués et les pénalités (coups de rotin) à appliquer aux fonctionnaires abusant de leur autorité.
- Art: 390 - "Dépenser inutilement du travail et des forces pour quelque chose qui ne peut être employé." - Dans cet article, on résume comme dans l'article précédent les abus des fonctionnaires qui feraient un mauvais usage de l'impôt des corvées: indemnités aux corvéables et coups de rotin aux fonctionnaires; en cas de mort par imprudence, les fonctionnaires sont punis comme coupables d'homicide par imprudence et alors une indemnité est payée à la famille.
- Art: 391 - "Faire construire sans se conformer aux règles." Les règles sont presque des rites dans le royaume d'Annam et les coupables sont punis d'amendes et de coups de rotin.
- Art: 392 - "Consommation frauduleuse de matériaux & objets." Amendes et coups de rotin.
- Art: 393 - "De la réparation et de l'entretien des greniers et des magasins." - Si les fonctionnaires annamites sont punis quand ils font des travaux sans autorisation, ils sont également punis s'ils ne provoquent pas l'autorisation de l'autorité supérieure en cas de réparation à faire aux greniers et magasins.
- Art: 394 - "Des fonctionnaires et employés chargés d'un service qui ne demeurent pas dans leur résidence officielle." Cet article n'a pas besoin de commentaire; son exécution est assurée par 30 coups de kuong (instrument un peu plus grand que le rotin).

Titre II. Les Diques.

Art: 395 - " Couper clandestinement les digues des fleuves. "

Les amamites sont obligés de demander l'autorisation de couper les digues même après la baisse des eaux, pour évacuer les eaux de pluie; au moment des hautes eaux, ce n'est qu'en certains points où les digues ne sont pas très hautes, qu'ils peuvent obtenir l'autorisation de faire des prises d'eau d'irrigation.

Art: 396 " Manquer le temps approprié et ne pas réparer les digues. "

Corps de Kohn et de Truong aux fonctionnaires négligents. Divers décrets fort importants complètent cet article: répression des usurpations sur les digues, organisation du service de surveillance des digues, les époques d'inspection par les diverses autorités (du 10^e jour du 10^e mois au 20^e jour du 12^e mois), la répartition des travaux, l'époque du commencement, leur exécution (fin du 1^{er} mois), leur durée (1 mois pour les petits travaux, 2 mois pour les grands travaux), la date du récolement des travaux (première décade du 3^e mois pour les petits travaux première décade du 4^e mois pour les grands travaux)

Nous parlons de petits travaux et de grands travaux; les grands travaux sont des travaux tels que remblais & nouvelles digues, travaux d'écluse, etc..., les petits travaux sont les travaux de réparations des digues, etc..., les petits travaux doivent être exécutés par les corvées; les grands travaux sont prévus, exécutés en partie avec une subvention de l'Etat. Il est inutile de dire que le Protectorat a continué d'appliquer les sages prescriptions de ces divers décrets

Art: 397 - " Empiètements et usurpations sur les rues et les routes. Remise des choses en l'état et corps de Truong "

Art: 398 - " De la réparation des routes et ponts: " Cette réparation est à faire au moment où les travaux d'agriculture ont cessé (1)

Régime des eaux 63- Nous n'avons rien trouvé pour ce qui concerne le régime des eaux et des irrigations dans le delta. Cela peut paraître surprenant dans un pays comme le Tonkin où il existe de si nombreux règlements. Quand les irrigations seront développées au Tonkin, il y aura donc, comme le fait d'ailleurs produit en Egypte à notre époque à créer une réglementation de toutes pièces

(1) On remarquera que dans le code amnamite, comme dans Paris les codes primitifs les codes civil et administratif sont encore fondus dans le code pénal.

Impôt des corvées - 64 - Nous n'avons pas de documents (cela ne veut pas dire qu'il n'en existe pas) nous n'avons pas, ni-j'ai de documents sur la réglementation de l'impôt des corvées au Tonkin, avant l'occupation française. Nous pensons qu'il n'y avait aucune limitation à cet impôt et que pendant les époques où le paysan annamite, le nha-que, n'était pas occupé aux travaux des champs, les mandarins pouvaient l'occuper aux Travaux Publics; nous avons vu au paragraphe précédent les précautions prises par le législateur annamite pour que les mandarins ne fassent pas de la corvée un usage illicite ou inutile: ce sont, pensons-nous, les seules limitations en cette matière aux pouvoirs des mandarins.

Depuis l'occupation française, l'impôt des corvées a fait l'objet de divers arrêtés ou ordonnances. Le 18 Octobre 1886, Paul Bert a rendu exécutoire au Tonkin une ordonnance du Kinh-Luc dont voici le texte.

« A l'avenir, le chiffre des corvées exigées des villages pour les travaux exécutés dans l'intérêt des services publics sera fixé à 48 journées par an et par inscrite.

Ces corvées ne seront levées dans les villages que par les maires et les chefs de canton sur réquisition des résidents ou vice-résidents français et des autorités annamites de la province, Huyen, Thuan-phu, Quan-bo, Tong-dec.

La corvée ne doit pas durer plus de dix jours de suite, y compris le temps d'aller et de retour. Autant que possible, les corvées sont réquisitionnées aux époques où les grands travaux du labourage, du repiquage, de la moisson et du battage du riz sont terminés. Les plus et les Huyens veilleront, d'accord avec les chefs de Canton, à ce que les corvées réquisitionnées soient inscrites régulièrement, pour chaque village, et à ce que leur chiffre réglementaire ne soit pas dépassé.

« Lorsque une corvée est terminée un reçu doit être délivré au maire du village, indiquant le nombre des travailleurs requis et le temps qu'a duré le travail.

« Les Quan-bos des provinces feront des tournées générales pendant lesquelles ils s'assureront que les villages ont des cahiers de dépenses régulièrement tenus, des reçus pour toutes les corvées ou réquisitions fournies, et n'ont payé aucune contribution illégale; soit en argent soit en nature.

« Ces inspections feront l'objet d'un rapport détaillé

« qui sera communiqué aux Résidents.

« Les villages qui voudront racheter une partie de leurs
« corvées sont autorisés à se libérer de la moitié au plus de
« cette contribution au prix de cinq piens par journée.

« Le 15 du 9^e mois de la première année de l'ong.
« Khanté 14 Octobre 1886. »

« La présente ordonnance est rendue exécutoire
« dans tout le territoire du Tonkin. »

Signé: Paul Bert

À la suite de cette ordonnance il y a eu diverses circulaires
ou arrêtés, à savoir :

Une circulaire du 7 Août 1888 relative surtout à l'app-
lication des corvées, à la construction du réseau routier, à fixe
que sur les 48 jours de corvée due, 8 jours seraient abandonnés
aux villages pour les travaux d'intérêt communal (voirie com-
munale, maison commune, pagodes, etc....)

Un arrêté du 23 février 1889 de M. Richaud réglementait
à nouveau l'impôt des corvées; mais cet arrêté ne tarda pas à être
lui-même modifié par un arrêté du 30 Juin 1889 de M. Piquet
réduisant les 48 journées de corvées à 30 dont 10 réservées aux
villages et 20 obligatoirement rachetées au taux de 2 piastres;
cet arrêté supprimait pour ainsi dire l'impôt des corvées tout
au moins pour les travaux d'intérêt général et décidait que le
produit des rôles de corvées serait affecté à ces travaux d'
intérêt général; il faut bien avouer que cet arrêté a fait une
fausse promesse au peuple annamite: on a bien perçu le prix
du rachat, c'est-à-dire 2 piastres par inscrit, mais on n'en a
pas moins continué à appliquer l'impôt des corvées, notre faute
avouée, il y a bien des raisons pour la justifier: les difficultés
de l'équilibre budgétaire et aussi il faut le reconnaître, la faiblesse
d'évaluation primitive du nombre de journées: on n'a pas, en
effet, de registre de l'état civil au Tonkin et nous n'avons pas
de recensement de la population indigène; les impôts person-
nels ne s'adressent qu'aux inscrits sur les registres du village;
nous renvoyons aux ouvrages d'administration annamite,
pour l'explication de ce qu'on appelle les inscrits; nous nous
contenterons de déclarer que le nombre des inscrits est très
inférieur au chiffre réel de la population, et n'en est
quelquefois que le tiers, le quart et même dixième certaines
personnes, le dixième. Dans ces conditions la fixation initiale
de 48 jours de corvée par inscrit était certainement trop
faible. En réalité on ne tient pas compte de ce chiffre; les

autorités françaises continueront à exécuter dans les travaux de terrassements au moyen de la corvée; on répartit le travail à la tâche entre les villages proportionnellement à leur nombre d'inscrits, sans se demander ni contrôler combien celui fait de jours de corvées. Par exemple dans la province de Chai Bink en 1895, il a été exécuté des travaux de digues et de canaux représentant un travail de 40 m^3 par inscrit; ce qui, à raison de 44.300 inscrits représentait un cube de plus de 160.000 m^3 (1)

Importance de l'impôt des corvées 65 C'est que cet impôt des corvées représente en moyen d'action des très puissants pour l'exécution des Travaux publics au Tonkin. Il existe 350.000 inscrits dans le Delta; si l'on peut compter faire exécuter 40 m^3 de terrassement par inscrit, cela fait un cube total de $14.000.000 \text{ m}^3$ ou à raison de 0.10 par mètre cube un crédit de 1.400.000 piastres.

Contrôle de l'impôt des corvées; institution d'une commission supérieure des digues 66 Mais si l'on ne peut songer d'ici longtemps à abolir l'impôt des corvées il y a lieu d'en contrôler l'usage pour éviter qu'il soit dépensé sans résultats utiles. Ce sont les Résidents chefs de province qui ont la direction et la responsabilité des travaux à exécuter au moyen des corvées; ils ont pour cela sous leurs ordres l'agent des Travaux publics de la province; le service central des Travaux Publics n'a qu'un rôle de conseiller technique.

Jusqu'ici ces travaux de digues avaient été faits sans vue d'ensemble ou plutôt le Gouverneur Général, qui approuve les propositions des Résidents en matière de corvées n'avait aucun conseil qui puisse l'éclairer sur ces travaux; il en résultait qu'une province exécutait des travaux préjudiciables à la province voisine, tandis que souvent en se concertant on serait arrivé à de meilleurs résultats avec des travaux moins considérables. Un arrêté de M^r le Gouverneur général Roussier du 28 Juin 1895 a constitué une commission permanente dite Commission supérieure des digues (2) destinée à combler une lacune regrettable. Dans un rapport du 8 février 1896 nous avons examiné d'une façon plus générale la question des Travaux publics exécutés dans les provinces par les soins de Messieurs les Résidents et nous avons proposé d'étendre les attributions de la Commission Supérieure des digues; nous demandons la permission de revenir ici sur la question et de donner nos conclusions sous forme de projet d'arrêté

(1) Rien de plus pittoresque que les chantiers de digues où des milliers d'ouvriers, hommes, femmes et enfants travaillaient dans l'intervalle des travaux des champs les instruments employés sont des plus simples il n'y a que des éléments très du bambou, fûtes en bois, dépôt des terres en paquets, transport de ces paquets en balanciers, dormes en bambou, etc., etc. Le travail est de $\frac{1}{2}$ à $\frac{3}{4}$ de m^3 par jour. (2) Cette commission présidée par M^r le Secrétaire général, comprend, le Résident de la province

contributions
à donner à
la Commission
supérieure des
dignes

Mais avons trouvé plus haut, à l'occasion de la législation
annamite sur les travaux publics, la distinction des petits travaux faits
entièrement par la corvée et les grands travaux faits avec des subven-
tions de l'Etat. Il est impossible ou le voit avec évidence, de
charger la Commission supérieure des dignes du contrôle de l'emploi
des corvées sans en même temps la consulter sur l'emploi des crédits
affectés aux Résidents et affectés conjointement à l'exécution des
travaux publics dans les provinces. Or ces crédits sont inscrits soit
au budget du protectorat soit au budget provincial et ces crédits sont
souvent considérables, il convient donc de s'assurer:

- 1° que les travaux entrepris dans les provinces sont utiles au point de vue du développement économique du pays ou au point de vue de sa pacification, qu'ils sont entrepris successivement, suivant leur ordre d'utilité, dans la limite des crédits disponibles, conformément à un programme arrêté pour plusieurs années;
- 2° que les prévisions budgétaires sont raisonnables, les charges bien réparties et les projets bien conçus au point de vue technique
- 3° que les travaux ont été bien exécutés et les dépenses régulièrement faites. Nous croyons devoir reproduire ce que nous disions dans notre rapport du 8 février dernier.

Programme des travaux à exécuter dans les provinces par les Résidents.

« C'est au Résident chef de province, qui a plus que toute autre personne connaissance des besoins économiques de sa province, à chercher les travaux publics qui seraient utiles dans sa circonscription.

Ces indications éclaireront l'administration supérieure sur les travaux d'intérêt général plus spécialement confiés à la Direction des Travaux publics. Quant aux travaux publics d'intérêt provincial et même d'intérêt général, confiés aux Résidents, le rôle de l'Administration supérieure est de coordonner les indications données par les Résidents, de façon à ce que les travaux faits dans une province ne causent aucun préjudice aux autres provinces, ou même ne fassent pas double emploi avec d'autres travaux.

Les travaux d'intérêt général relevant directement et exclusivement de la Direction des Travaux publics sont les travaux de phares et balises, de ports, de navigation intérieure, de chemins de fer. Nous n'avons pas à nous occuper ici de ces travaux pour lesquels l'Administration supérieure a comme

à Hanoi, le directeur des Travaux publics et les ingénieurs chefs de service, un représentant de l'armée et un représentant de la Marine.

« conseils les chambres de commerce, d'Hydrographie et d'Hygiène »
 « sont recevoir une grande importance dans la solution de l'ensemble »
 « L'exécution des travaux de routes, digues, irrigations »
 « dessèchements, etc... est confiée aux Résidents bien que souvent »
 « ces travaux n'aient pas un caractère exclusivement provincial »
 « mais comme la corvée y joue un rôle prépondérant, force est »
 « bien d'en confier l'exécution à ces fonctionnaires. »

« Ce n'est pas à dire pourtant que ni certains ouvrages d'art »
 « d'une grande importance, doivent être exécutés dans cette »
 « zone de travaux etc. Le Gouverneur Général n'en confie pas »
 « l'exécution aux soins du Service central des Travaux publics. »

« Il est indispensable que pour les travaux exécutés par »
 « les Résidents, il soit procédé par vue d'ensemble s'étendant sur »
 « plusieurs années. De là la nécessité de dresser un programme »
 « classant ces travaux par ordre d'urgence afin de les exécuter au »
 « fur et à mesure des ressources budgétaires. »

« Pour les digues, ce travail est à l'étude à la Commission »
 « supérieure des digues; pour les irrigations, et dessèchements, »
 « nous préparons un questionnaire aux Résidents afin de soumettre »
 « la question à la Commission des digues dont l'avis est »
 « hydraulique doit à notre avis relever; enfin pour les routes, nous »
 « serions d'avis d'étendre les attributions de cette Commission »
 « supérieure des digues et de lui demander un classement des »
 « routes existantes et à construire dans le paysin. (1) ce qui »
 « justifierait à nos yeux l'extension de ces attributions, c'est »
 « le caractère de routes qui sont toutes les digues du Delta tout entier »
 « qui fait que les deux questions routes et digues sont solidaires »
 « et ne peuvent pas être séparées. »

« C'est seulement lorsque l'Administration supérieure »
 « sera en possession d'un programme général de travaux s'étendant »
 « sur plusieurs années, classant ces travaux par ordre »
 « d'urgence, qu'elle pourra répartir avec justice les crédits »
 « ouverts aux Résidents. Nous espérons que ce travail pourra »
 « être fait avant le mois d'août prochain en sorte qu'il puisse »
 « servir à la confection du projet de budget 1897. »

Prévisions budgétaires, répartition des charges examen technique des projets

« Il est indispensable pour la bonne marche de »
 « l'Administration, que les dépenses soient strictement conformes »
 « dans les limites inscrites au budget. On n'arrivera à cette »

(1) Ce travail est aujourd'hui terminé

(2) Ce travail sera fait en 1897

« régularité qu'en dressant à l'avance avec soin les prévisions
« budgétaires »

« Il est nécessaire que les Résidents présentent leurs pré-
« visions budgétaires en matière de Travaux publics, aussi bien sur
« ce qui doit être payé sur le budget du Protectorat que sur ce
« qui doit être à la charge de leur budget provincial; nous ajou-
« terons même qu'ils devront faire connaître ce qu'ils demandent à l'
« impôt en nature c'est à dire à la corvée.

« C'est de cette manière seulement que l'Adminis-
« tration supérieure pourra leur allouer, en parfaite connaissance
« de cause, des crédits sur l'exercice suivant. Nous n'ignorons
« pas que il y a une difficulté très grande qui se présente dans
« l'établissement des prévisions budgétaires: le budget doit être établi
« au mois d'Octobre et ce n'est guère qu'au mois d'octobre, après
« les inondations, que l'on peut véritablement les travaux
« à exécuter l'année suivante: cette difficulté est réelle, mais un
« Résident qui a l'expérience de sa province préviera avec suffisa-
« mment de justesse les réparations à exécuter après la crue; et
« après les constatations faites à la crue précédente; il devra
« en tous cas, tenir compte de cet aléa dans ses évaluations

« Répartition des charges. - Comment les charges
« devront-elles être réparties entre le budget du Protectorat, le
« budget provincial et la corvée? C'est une question qui ne peut
« pas être décidée d'une façon définitive; elle est subordonnée aux
« plus ou moins valeurs budgétaires. Nous émettrons pourtant l'
« avis suivant dont il conviendrait de se rapprocher autant que
« possible.

« Les Travaux d'entretien des routes et digues, les travaux
« de curage des cours d'eau, seront exécutés par la corvée, sans
« subvention ni en argent, ni en nature. Les Travaux neufs consis-
« tant en Travaux de terrassements pour construction de routes et
« digues, creusement de canaux, etc...; seront exécutés par le moyen
« de réquisitions levées dans la forme des corvées mais avec subvention
« en argent à raison de (0.05) cinq cents par mètre cube (salaire)
« minimum permettant l'existence du coolie), aussi l'état des
« finances ne le permet pas une subvention en nature consistant
« dans la fourniture du riz nécessaire à la nourriture des
« coolies; ces subventions seront payées par le budget provincial
« et à son défaut par le budget du Protectorat. Enfin les dépenses
« de construction d'ouvrages d'art, ponts, aqueducs, écluses, etc,
« seront payées par le budget du Protectorat.

Examen technique des projets. — (Les prévisions budgétaires doivent être aussi détaillées que possible; ce seront de véritables détails estimatifs de façon à ce qu'ils puissent être examinés avec fruit par la direction des Travaux publics et à ce que ce service puisse éclairer complètement la Commission des Dignes et de M. le Gouverneur Général.

Pour les ouvrages d'art dont la dépense dépasse 2.000 piastres les projets complets devront même, conformément à l'art. 2 de l'arrêté du 11 Octobre 1895 être soumis à l'approbation du Directeur des Travaux publics.

Contrôle des Travaux et des dépenses.

Nous sommes d'avis qu'une fois les prévisions budgétaires et les projets de travaux approuvés par M. le Gouverneur Général, le service central des Travaux Publics n'a pas à intervenir dans la surveillance de leur exécution; c'est seulement une fois les travaux terminés qu'il convient que ce service renseigne la Commission des Dignes et de M. le Gouverneur Général sur le point de savoir si ces travaux ont été bien exécutés et si les dépenses ont été régulièrement faites (1) et c'est nous serions d'avis que les Résidents envoient en même temps que leurs prévisions budgétaires pour l'année suivante, l'état des travaux et des dépenses faits dans la campagne précédente (2) cet état devra être aussi détaillé que possible, de façon à ce que le Directeur des Travaux publics et la Commission supérieure des Dignes renseignent M. le Gouverneur Général sur les travaux réellement exécutés. Les Ingénieurs du Service central devraient faire des tournées dans les Provinces pour examiner la bonne exécution des travaux; dans ces tournées, ils s'assureraient que la comptabilité dépense la comptabilité matière, les registres du magasin sont bien tenus par les agents des Travaux publics (3) (art. 17 de l'arrêté du 11 Octobre 1895) celui leur permettra de donner des notes à ces agents comme cela est prescrit à l'art. 111 de l'arrêté du 11 Octobre 1895, sans compter que dans ces tournées Résidents et Ingénieurs échangeront leurs idées et leurs conseils ce qui sera tout à l'avantage de la bonne marche des affaires du pays.

(1) Les rapports généraux mensuels des Résidents relatent d'ailleurs la marche des travaux exécutés dans les provinces.

(2) Cet état n'est pas si proprement parler le budget rectificatif de l'exercice précédent; mais il n'y a à cela aucun inconvénient; il ne s'agit pas ici d'un contrôle purement financier, mais surtout d'un contrôle technique.

(3) Incidemment nous croyons devoir demander pour les Agents provinciaux des Travaux Publics qu'ils soient débarrassés des fonctions de garde-muebles qui absorbent en ce moment la plus grande partie de leur temps et qu'ils s'occupent surtout des routes et des digues.

Conclusion

Projet d'Arrêté

« Nous avons terminé les observations que nous avons cru devoir
« faire à l'occasion des travaux publics exécutés par les Résidents;
« elles trouvent leur consécration dans le projet d'arrêté ci-joint
« que nous proposons de soumettre à l'approbation de M. le Gouver-
« neur général.

« Le Gouverneur général de l'Indo-Chine,
« Commandeur de la Légion d'Honneur.

« Vu le décret du 21 Avril 1891

« Vu l'arrêté du 28 Juin 1895 instituant une
« Commission supérieure des digues, chargée d'étudier la
« question des digues au Tonkin;

« Vu l'arrêté du 17 Octobre 1895 réorganisant
« le service des travaux publics du Protectorat de l'Annam
« et du Tonkin,

Arrêté

Art: 1^{er} — Les attributions de la Commission supérieure
des digues sont étendues aux travaux d'hydrau-
lique agricole et des routes à exécuter dans les
différentes provinces du Tonkin.

Art: 2 — Tous les ans M. M. les Chefs de Provinces
devront joindre aux prévisions budgétaires qu'
ils doivent fournir en vue de la préparation
du budget de l'année suivante, un état des-
criptif et estimatif des travaux à exécuter dans
leurs provinces, aussi bien sur les ressources
générales du Protectorat que sur les budgets
provinciaux et qu'au moyen des crédits gratuits
ou subventionnés; cet état dans lequel les travaux
seront classés par ordre d'urgence devra être
aussi détaillé que possible et il y sera joint
un rapport justificatif.

Art: 3 — En même temps qu'ils enverront cet état
M. M. les Chefs de Province enverront un état
détaillé des travaux exécutés et des dépenses faites
dans la campagne précédente.

Art: 4 — Ces états seront communiqués pour avis
à la Commission supérieure des digues.
Nous semblons dans ce qui précède avoir fait une

digression ; il n'en est rien ; il est de la plus grande importance, en effet, de surveiller et de guider l'impôt des corvées ; les mesures que nous proposons sont indispensables pour éviter des gaspillages inutiles d'efforts humains et de sommes d'argent.

Création ulté-
rieure de commis-
sions provinciales
de Travaux
publics

68 - Il y aurait lieu plus tard de créer des Commissions provinci-
ales de Travaux publics composées du Résident, président, de
deux fonctionnaires appartenant au personnel des Résidences,
de l'agent des Travaux publics et des mandarins provinciaux.

Chapitre V

88

Comparaison des deux solutions au point de vue de la dépense. - Choix définitif à faire de la solution du grand barrage

Dans les chapitres précédents I. II. III... nous avons essayé de tracer un programme général des travaux d'hydraulique à exécuter dans le Delta du Tonkin. Nous avons au Chapitre IV expliqué les conditions d'exécution des travaux publics au Tonkin et nous avons donné quelques renseignements sur l'impôt des corvées qui est un instrument d'action très puissant. Nous allons dans le présent chapitre donner un aperçu des dépenses qui nous permettra de faire une dernière comparaison entre les deux solutions proposées.

Main d'œuvre, 69 - Nous prévoyons que tous les terrassements seront exécutés par le Protectorat au moyen de la corvée; mais comme il s'agit de travaux neufs, il conviendra, comme c'est l'usage, de subventionner les corvéables à raison de (0.05) cinq cents le mètre cube. En dehors de cette main d'œuvre si économique, la main d'œuvre libre est très bon marché au Tonkin: un coolie se paie quinze cents (0.15) par jour au taux de la pratique actuel cela fait (0.45) centimes environ; on trouve maintenant au Tonkin parmi les ethniques toutes sortes d'ouvriers d'art; maçons, tailleurs de pierre, charpentiers, ferronniers, etc...;

Les matériaux de construction briques, chaux, pierres, bois, se trouvent abondamment dans le Tonkin à des prix analogues et même inférieurs aux prix les plus faibles de France. Il n'y a à faire venir d'Europe que les ciments et les métaux.

Les ouvrages d'art devront être faits à l'entreprise. Pour les petits ouvrages d'art il y aura à faire appel qu'aux petits entrepreneurs locaux; même il sera souvent avantageux de traiter avec les villages qui se contenteront pour exécuter le travail de subventions représentant le tiers le quart de ce que demanderait un entrepreneur ordinaire. Pour les grands travaux, il conviendra de faire appel aux entrepreneurs de France et d'avoir des lots aussi considérables que possible.

Comparaison
des deux solu-
tions au point
de vue des dép-
enses

70 La construction d'un grand barrage au sommet du Delta coûterait environ 17.020.000 francs⁽¹⁾. L'établissement d'un siphon-canal sous le canal des Rapides peut être évalué à 3.500.000 francs. Ses travaux de canalisation s'élèveront à 2.400.000⁽²⁾ pour les terrassements (subventions aux corvéables) et 4.000.000 de francs pour les ouvrages d'art⁽³⁾. Nous avons calculé que l'aménagement de certains canaux d'irrigation en canaux de navigation occasionne une dépense supplémentaire de 600.000⁽⁴⁾ pour les terrassements et de 5.000.000 de francs pour les ouvrages d'art.

Nous avons calculé que l'établissement d'usines élévatoires coûterait 17.000.000 de francs; les travaux de canalisation coûteraient le même prix que dans la solution par barrage.

Quel est le montant des dépenses de fonctionnement des usines élévatoires?

Il faut compter une consommation de charbon de 2^{kg} par cheval-heure (Les charbons du Tonkin ne sont pas de première qualité); les usines développant une force totale de 20.000 chevaux devront fonctionner pendant 120 jours; cela fait une consommation de 100.000 tonnes environ et une dépense annuelle de combustible de 1.500.000 francs; en y ajoutant 0.01 par cheval-heure pour la main d'œuvre et les fournitures diverses, on arrive à une dépense d'exploitation de 1.500.000 + 500.000⁽⁵⁾ = 2.000.000 de francs.

Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien
EPHE VI^e Section

(1) Cette somme se décompose de la façon suivante:

Ouvrages de Falan sur le fleuve Rouge	Barrage fixe 800 ^m à 6000 ^m l/m	4.800.000	} 12.120.000 ^{fcs}
	nd'm mobile 200 ^m à 2500 ^m l/m	5.000.000	
	Cluse à pas de navigation	1.500.000	
	Trus d'eau	100.000	
Ouvrage sur le Day	Barrage fixe 200 ^m à 6000 ^m l/m	1.200.000	} 2.900.000 ^{fcs}
	nd'm mobile 60 ^m à 2500 ^m l/m	1.500.000	
	Ouvrages accessoires	200.000	
Ouvrage sur le Song-Calo	Barrage mobile 80 ^m à 2500 ^m l/m	2.000.000 ^f	
Total....			17.020.000 ^{fcs}

(2) Une étude sommaire que nous avons faite du réseau de canaux à créer pour irriguer une étendue de 100.000 hectares, dans la province de Hanoi, nous a montré que pour une telle surface il fallait ménager 400 kilomètres de canaux principaux représentant un cube de déblai de 350.000^m en comptant 0.05 cent le mètre cube; en fait d'ouvrages d'art il n'a à prévoir 10 barrages à 6000^{fcs} l'un 12 ouvrages de prise d'eau à 10.000^{fcs} l'un et enfin 40 pontons de 10.000^{fcs}; cela fait qu'il faut compter 580.000 francs d'ouvrages d'art. C'est en partant de ces chiffres et les augmentant proportionnellement aux surfaces à irriguer que nous sommes arrivés aux chiffres cités plus haut.

(3) Les usines élévatoires doivent élever 310^m par seconde pendant 4 mois à une hauteur de 3^m; elles devront donc avoir une force totale de 20.000 chevaux. — D'après des renseignements que nous extrayons d'un rapport de l'ingénieur anglais John Fowler sur les irrigations d'Égypte, nous avons dressé le devis suivant d'une installation de pompes débitant 100^m à la seconde dans conditions rappelés plus haut.

Machines à vapeur et pompes	3.200.000	} 5.000.000 ^{fcs}
Bâtiment	520.000	
Essais et ventes	160.000	
Régies de prise d'eau et ventes	1.000.000	
Travaux divers	120.000	

En admettant pour le barrage et les usines le taux de 10% pour l'intérêt et l'amortissement (ce qui est un taux un peu élevé pour le barrage) on peut établir la comparaison suivante entre les charges annuelles que comportent les deux solutions

1^{re} Solution: Barrage

Intérêt et amortissement du capital de premier établissement 10% sur 20.520.000^{fr} 2.052.000

2^e Solution:

Intérêt et amortissement du capital de premier établissement 10% sur 17.000.000 1.700.000^{fr}
Coût annuel du fonctionnement 2.000.000^{fr}

3.700.000

On voit ainsi la supériorité au point de vue économique de la solution par barrage sur la solution par usines élévatoires

En supposant le nivellement du Delta exécuté ainsi que le lever des digues du Contre, nous estimons qu'il faudrait 5 ans pour exécuter le barrage de Palan et que l'exécution complète des principales canaux d'irrigation et de navigation ne demanderait pas plus de 10 à 12 ans. Bien entendu pendant cette dernière période de 10 à 12 ans il y aurait lieu de sérier les travaux suivant leur ordre d'urgence; par exemple il conviendrait d'exécuter de suite les siphons prisés d'eau au fleuve, ce qui ne demanderait que deux ans, ne coûterait annuellement que 500.000 francs et permettrait de pallier de suite aux sécheresses d'été; il faudrait ensuite aménager le plus tôt possible les grandes artères d'irrigation qui doivent servir en même temps à la navigation de façon à ce qu'au bout de cinq ans, quand le grand barrage sera construit, on puisse s'en servir de suite, sans causer aucun préjudice à la navigation

En dehors des dépenses précédentes, nous estimons que la réparation générale des digues du Contre devra être poursuivie progressivement et qu'il faudra consacrer tous les ans à cette réparation en dehors des dépenses d'entretien une somme d'au moins 50 000^{fr} et cela pendant 15 ou 20 ans.

Choix définitif à faire de la solution du grand barrage.

71 La solution qui consiste à établir un grand barrage au sommet du Delta et à construire un réseau de canaux en écoulement servant à la fois à l'irrigation et à la navigation présente en résumé les avantages suivants sur la solution par usines élévatoires:

- 1° Elle peut servir pour résoudre le problème des digues, car ainsi que l'ont montré les travaux du Masahuddy, on peut être conduit à se servir du barrage comme d'un ouvrage répartiteur entre les différentes branches du fleuve;
 - 2° Cette solution est nécessaire, si l'on veut assurer d'une façon complète les irrigations d'été au lieu de se contenter de la solution imparfaite dont nous avons parlé au chapitre II
 - 3° C'est la solution la plus économique au point de vue des irrigations d'hiver;
 - 4° Enfin elle résout le problème de l'amélioration de la navigation intérieure, qui par l'autre solution risquerait au contraire d'être sacrifiée.
- La solution du grand barrage de Lalan est donc la solution qu'il convient d'adopter.

Hanoi le 1^{er} Septembre 1897

L'Ingénieur des Ponts et Chaussées
Directeur des Travaux Publics p. i

Godart

Planche n° 1

Carte du Tonkin $\frac{1}{1\,000\,000}$

Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien
EPHE VI^e Section

TONKIN



Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et la
Indonésie
E.P.H.E. VI Section

TONKIN

CARTE DE L'INDO-CHINE



Centre de Documentation
EPIE VI Section
Mondé Indonésien
sur l'Asie du Sud-Est et la



Centre de Documentation
E.P.H.E. Vie Section
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien



Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et la
E.P.H.E. Vle Section

Planche N° 2.
Carte du Delta $\frac{1}{500.000}$

Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien
EPHE VI^e Section

DELTA DU TONKIN

Echelle
1
500000



LÉGENDE

- I Teinte Rose Région comprise entre la Fleuve Rouge (Cua Ba Lat) et le Day
- II Teinte bleu Région comprise entre le Fleuve Rouge, le Thai Binh, le Song Cau et le Song Ca Lo
- III Teinte jaune Rive droite du Day
- IV Teinte Vert Région comprise entre le Thai Binh et le Song Bac Hang (Cua Nam Trieu)

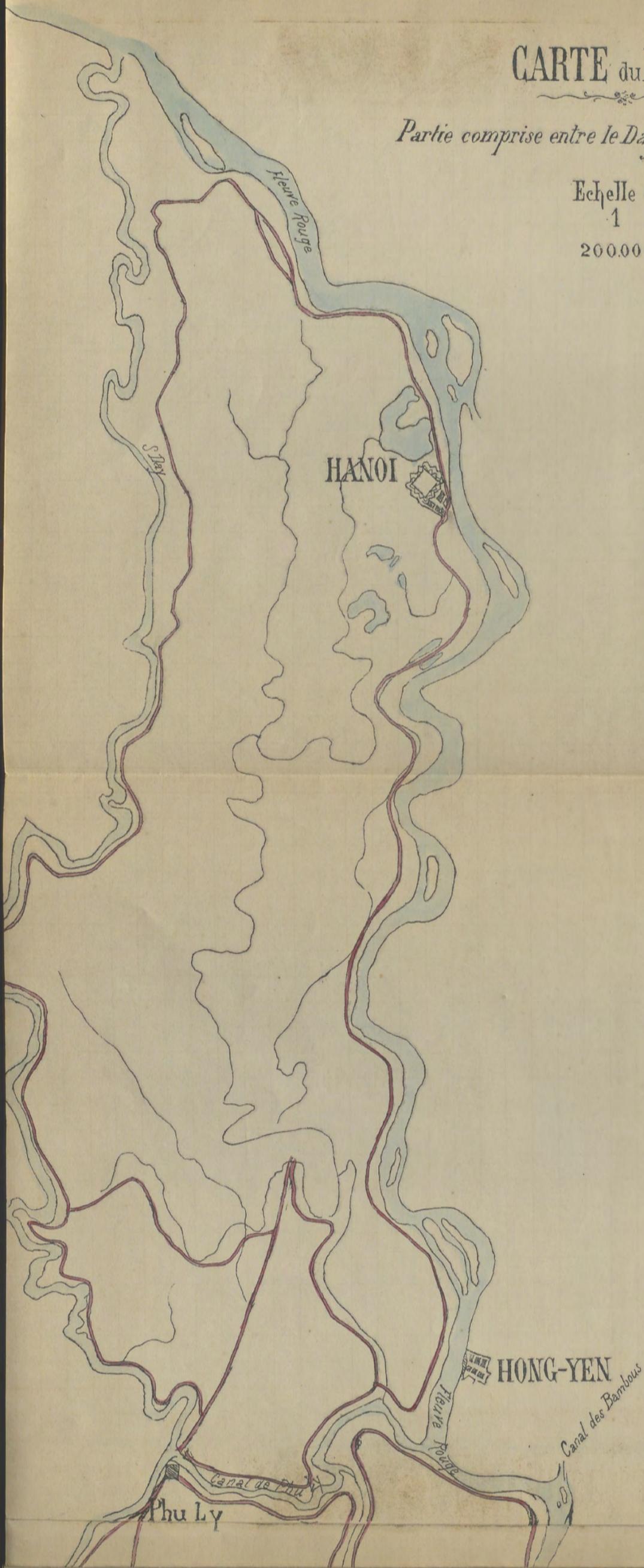
Planche n° 3.
Carte du Delta, partie comprise entre
le Day et le fleuve Rouge $\frac{1}{200.000}$

Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien
EPHE VI^e Section

CARTE du DELTA

Partie comprise entre le Day et le fleuve Rouge

Echelle de : Centre de Documentation
1 sur l'Asie du Sud-Est et le
200.000 Monde Indonésien
EPHE VI^e Section



Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien
EPHE VI^e Section

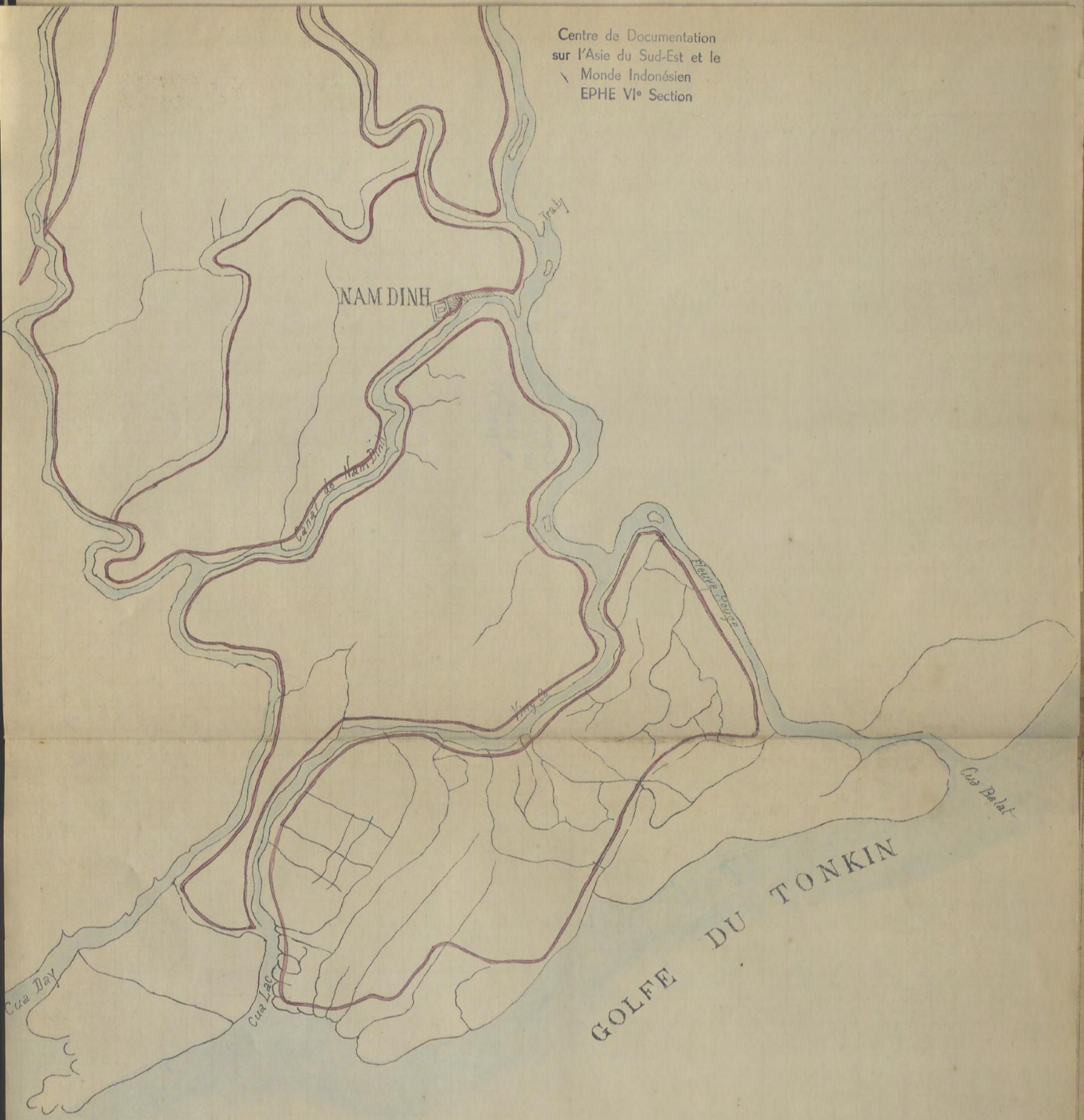


Planche 28 H.

Carte du Delta, partie comprise entre
le fleuve Rouge et le Chai Binh $\frac{1}{200.000}$

Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien
EPHE VI^e Section

BIBLIOTHÈQUE

CARTE DU DELTA

Partie comprise entre le fleuve Rouge et le Thai Binh

Échelle de:
 $\frac{1}{200000}$

Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien
EPHE VI^e Section





Centre de Documentation
 sur l'Asie du Sud-Est et le
 Monde Indonésien
 EPHE VI^e Section

Planche n° 5.

carte du Delta, rive droite du Day.

$\frac{1}{200.000}$

Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien
EPHE VI^e Section

CARTE DU DELTA

Rive droite du Day

Echelle $\frac{1}{200.000}$
Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien
EPHE VI^e Section



Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien
EPHE VI^e Section

MY DUC

PIU LY

Pho Nho Quan

NINH BINH

Lac Day

Blanche n° 6.

Carte du Delta, partie à l'Est du Chai Bmh

$\frac{1}{200.000}$

Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien
EPHE VI^e Section

CARTE DU DELTA

Partie à l'Est du Thai Binh

Echelle de
1
200 000

Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien
EPHE VI^e Section



Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien
EPHE VI^e Section

G O L F E D U T O N K I N

7
Planche N° 7

Courbe des marées à Haiphong
Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
\ Monde Indonésien
EPHE VI^e Section

COURBES DES MARÉES OBSERVÉES À HAIPHONG DU 5 AU 12 JANVIER 1889

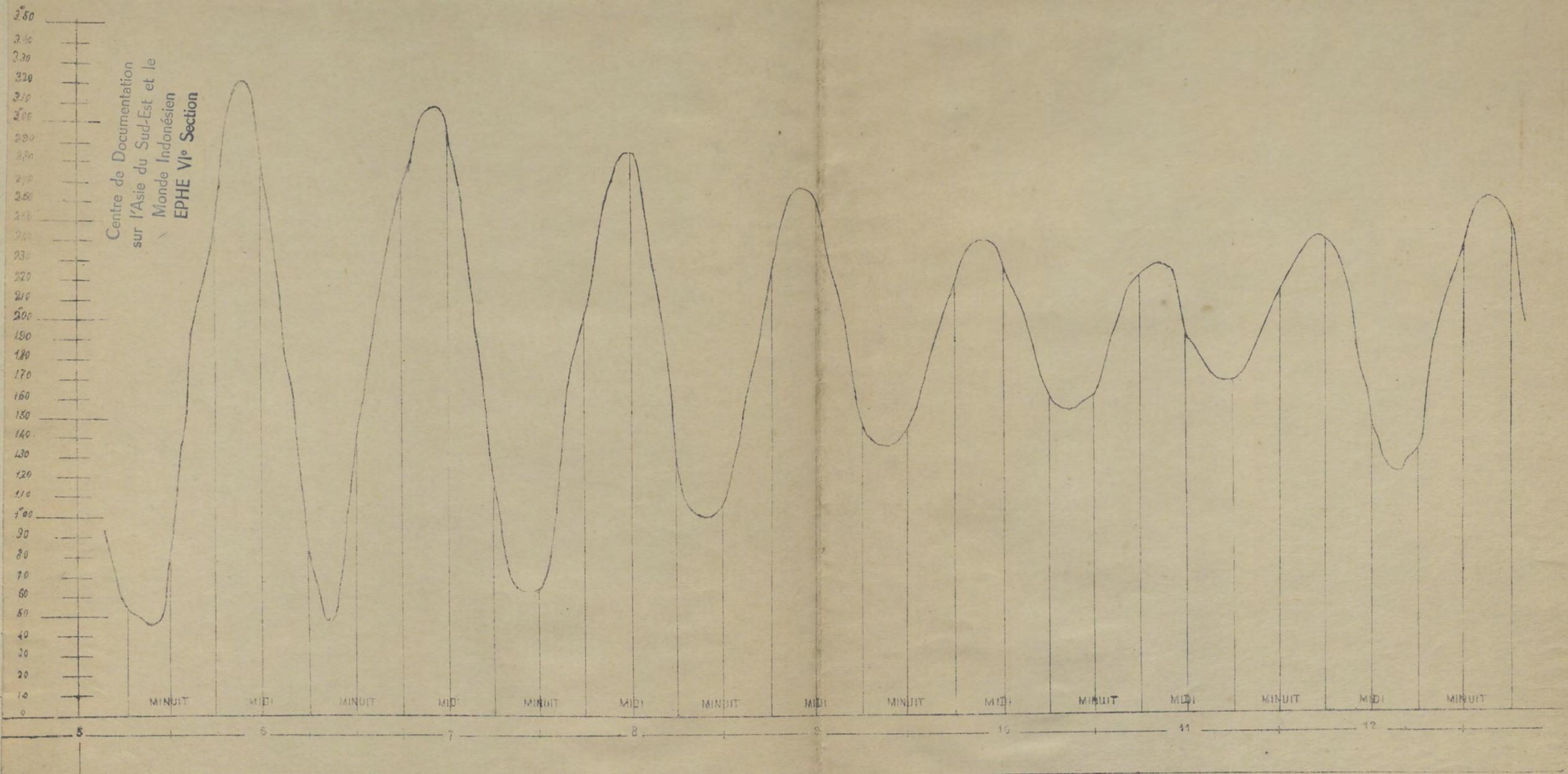


Planche N° 8

Hauteurs d'eau en 1894

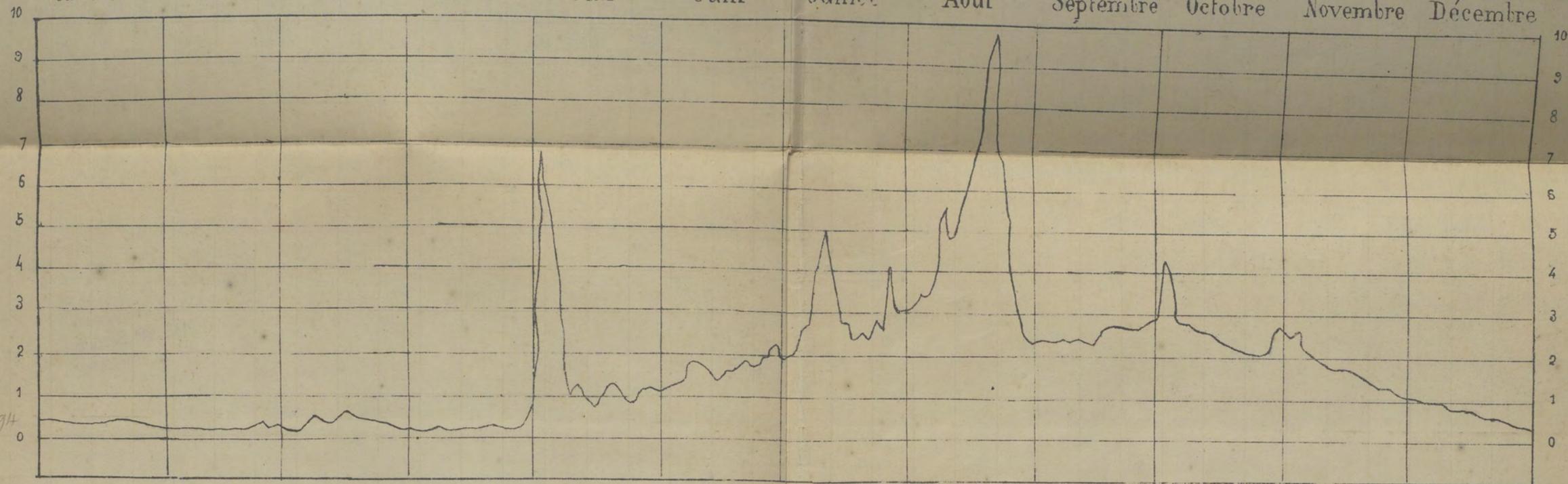
{ Fleuve Rouge, Rivière Noire et Rivière Claire }
Centre de documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le

Monde Indonésien
EPHE VI^e Section

FLEUVE ROUGE à LAO KAI

1894

Janvier Fevrier Mars Avril Mai Juin Juillet Août Septembre Octobre Novembre Décembre

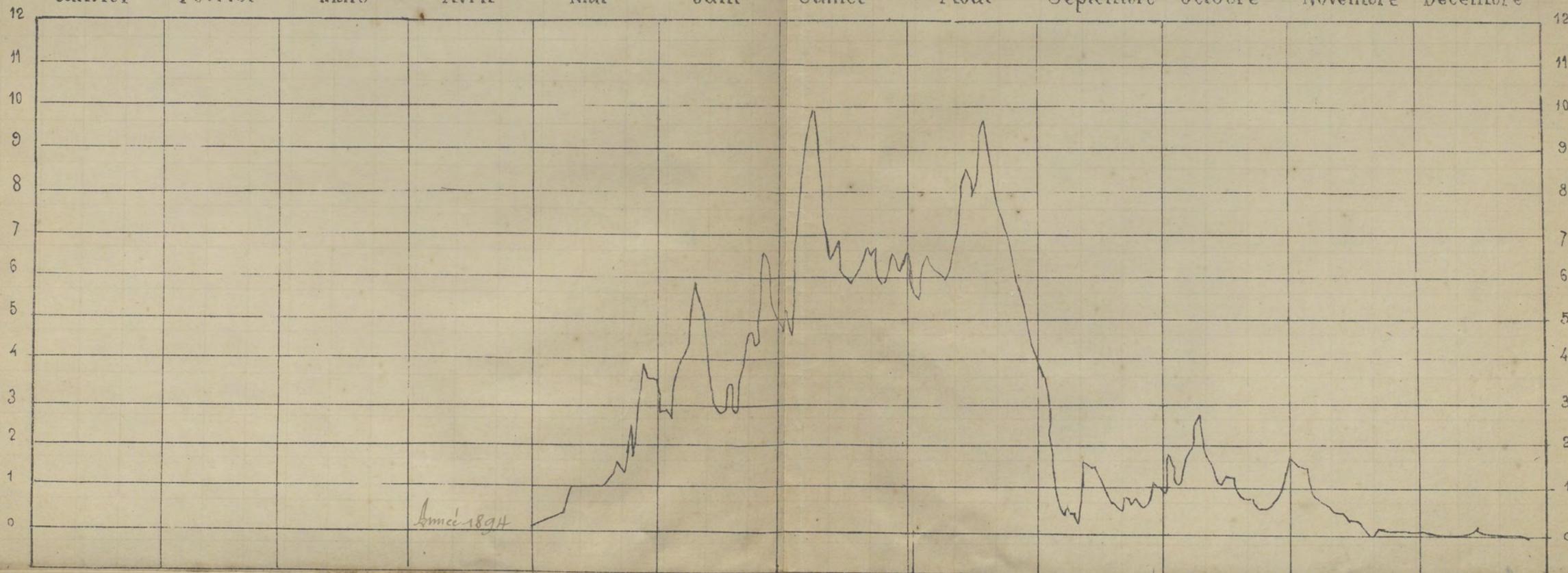


Année 1894

RIVIÈRE NOIRE à CHO BO

Centre de documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien
EPHE VI^e Section

Janvier Fevrier Mars Avril Mai Juin Juillet Août Septembre Octobre Novembre Décembre

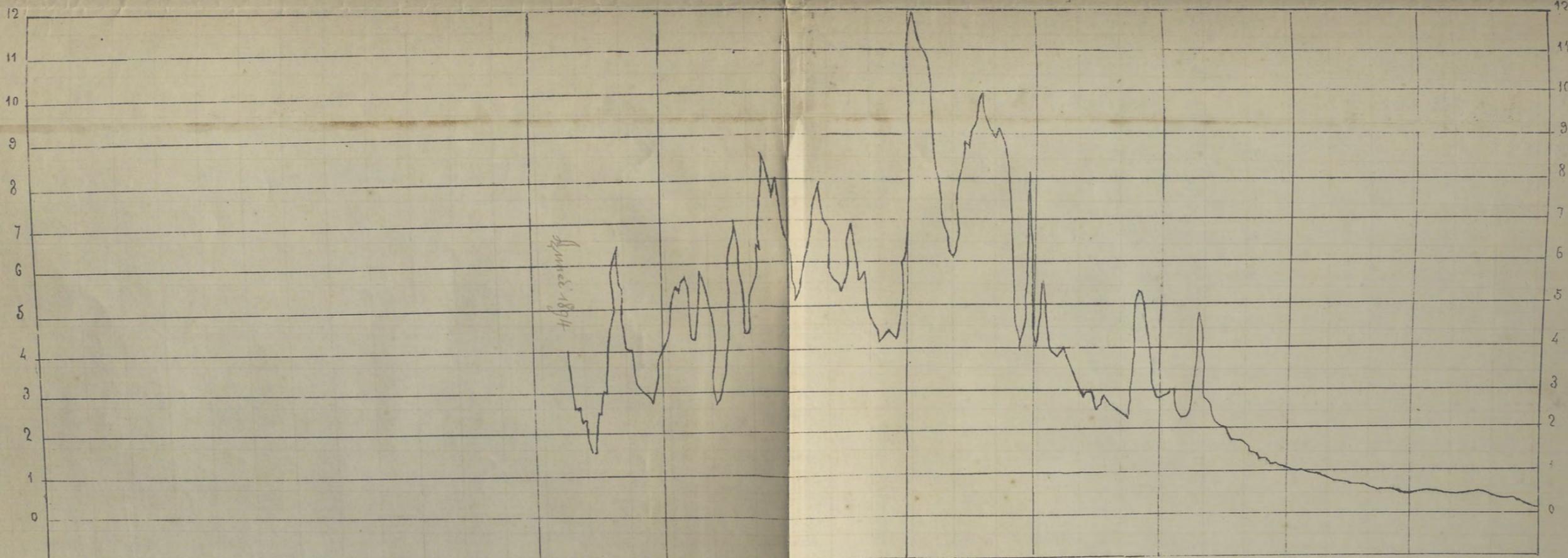


Année 1894

RIVIERE CLAIRE à TUYEN-QUANG

Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien
Ecole de Section

Mai Juin Juillet Août Septembre Octobre Novembre Décembre



FLEUVE ROUGE à HANOI

Janvier Février Mars Avril Mai Juin Juillet Août Septembre Octobre Novembre Décembre

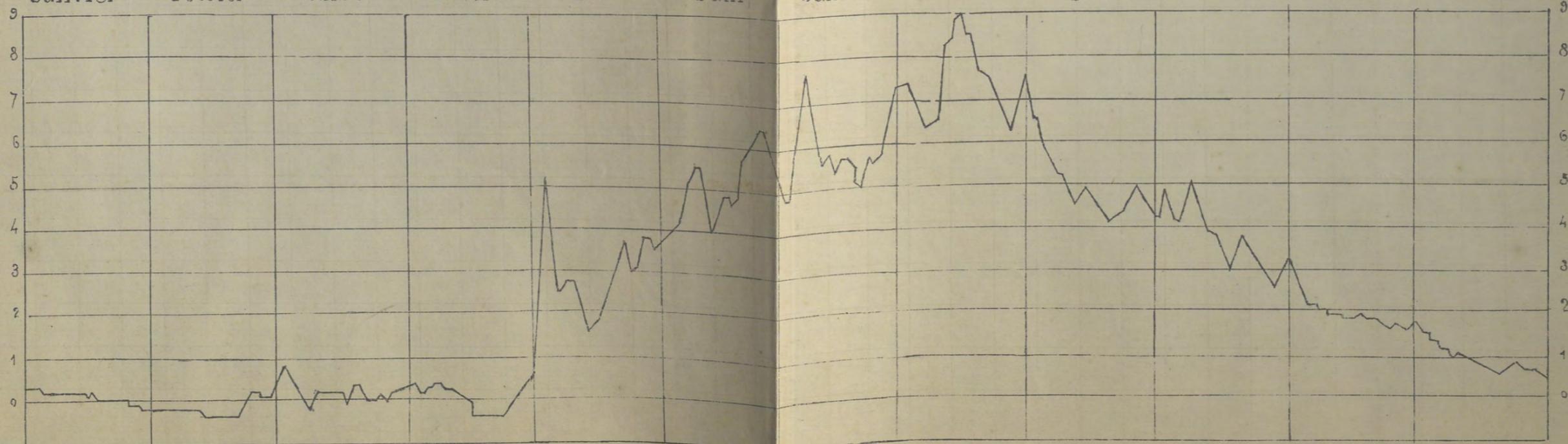


Planche 209.
Sondages du Fleuve Range près d'Hanoi
Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien
EPHE VI^e Section

Planche n° 10.
Profil en travers et courbe des débits du
fleuve Rouge au droit d'Hanoi

Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien
EPHE VI^e Section

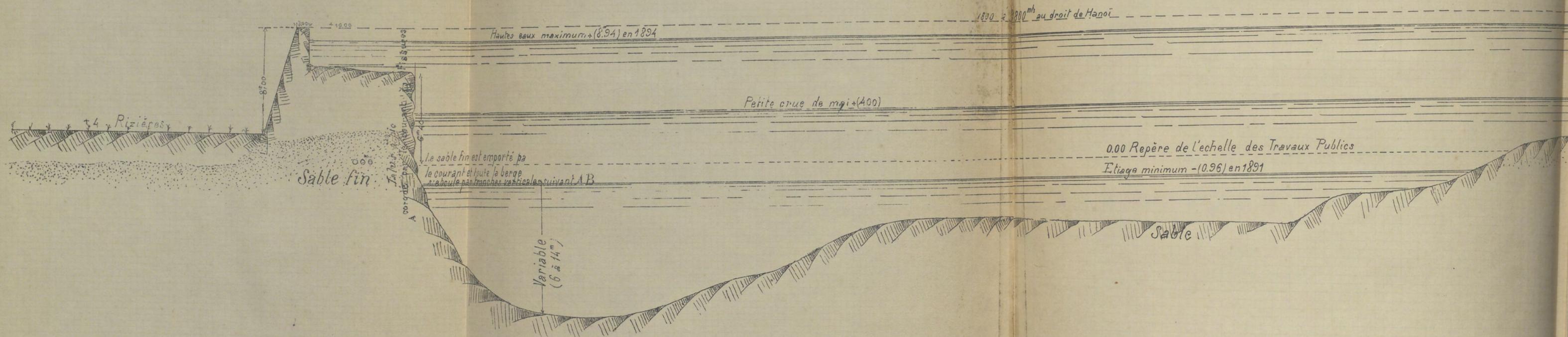
Profil en travers du Fleuve R

à Hanoi

Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien
EPHE VI^e Section

Echelle { pour les longueurs $\frac{1}{2000}$
pour les hauteurs $\frac{1}{200}$

Nota Au droit de Hanoi le lit majeur du Fleuve est très rétréci (1^{km} 800 environ)
entre les deux digues limitant le lit majeur est de 2 à 5 kilomètres



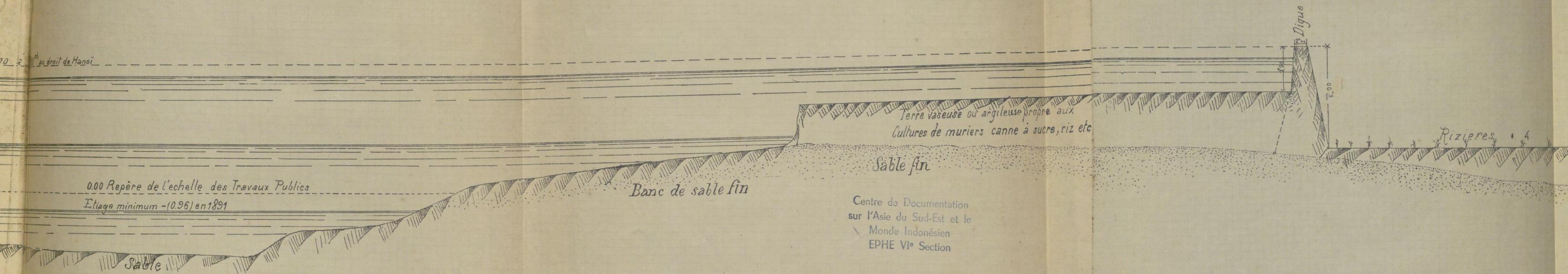
Profil en travers du Fleuve Rouge

à Hanoi

Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien
EPHE VI^e Section

Echelle { pour les longueurs $\frac{1}{2000}$
pour les hauteurs $\frac{1}{200}$

Nota Au droit de Hanoi le lit majeur du Fleuve est très rétréci (1^{km} 800 environ) mais généralement la distance entre les deux digues limitant le lit majeur est de 2 à 5 kilomètres



*Courbe des débits du Fleuve Rouge
devant Hanoi en fonction des hauteurs d'eau*

Echelle $\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{5000} \text{ pour les hauteurs} \\ \frac{1}{100} \text{ pour les débits} \end{array} \right.$

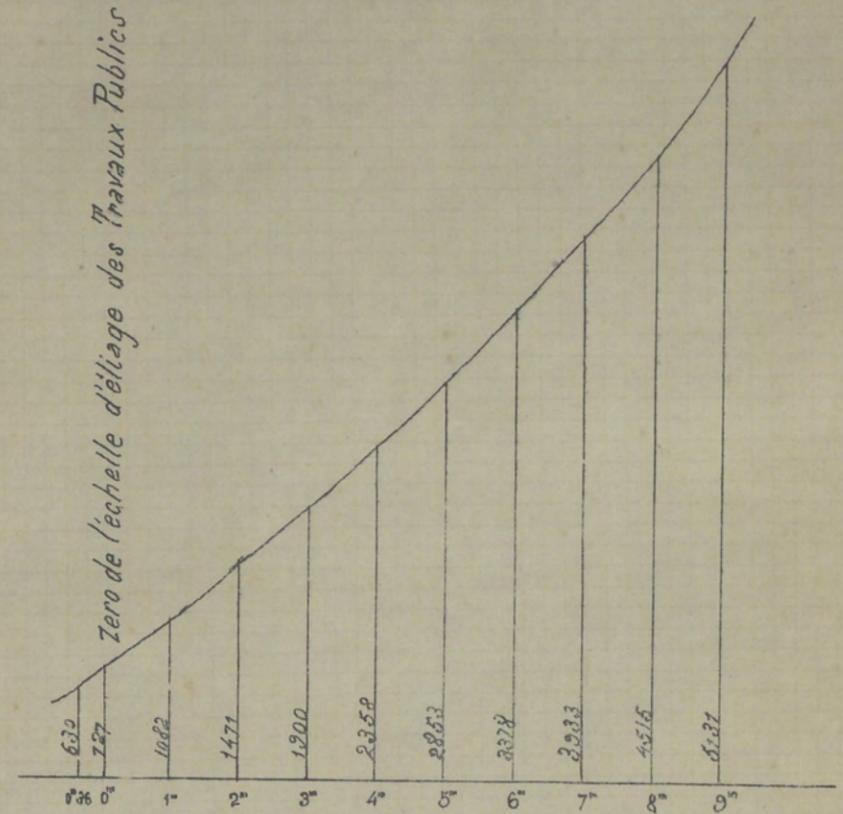
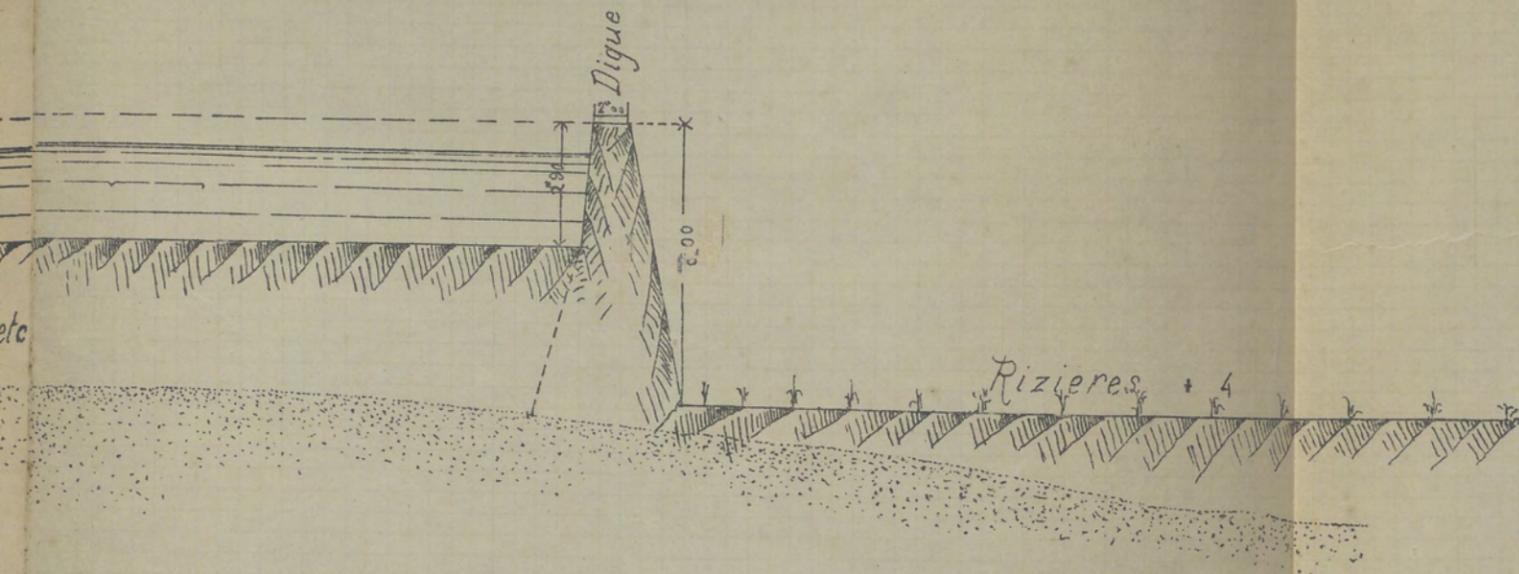
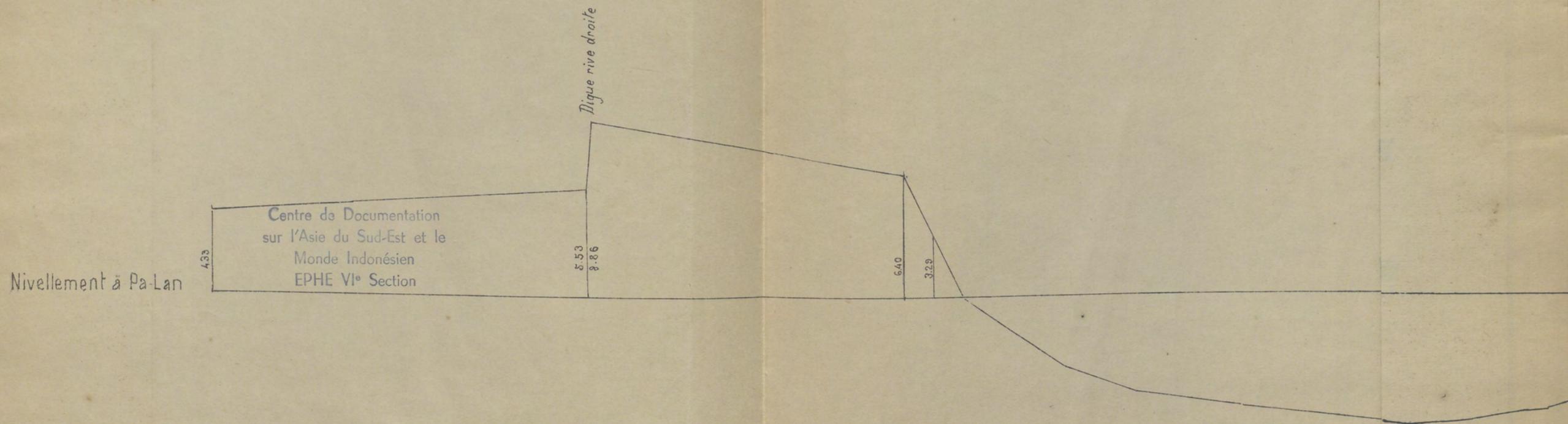
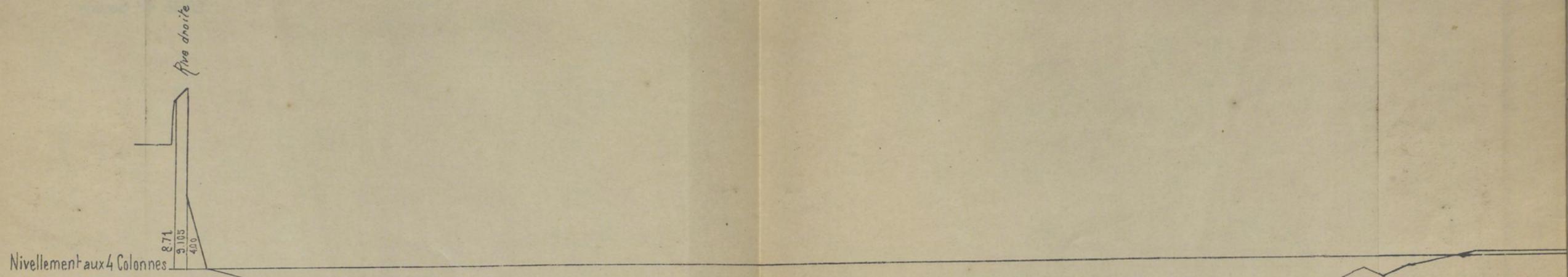
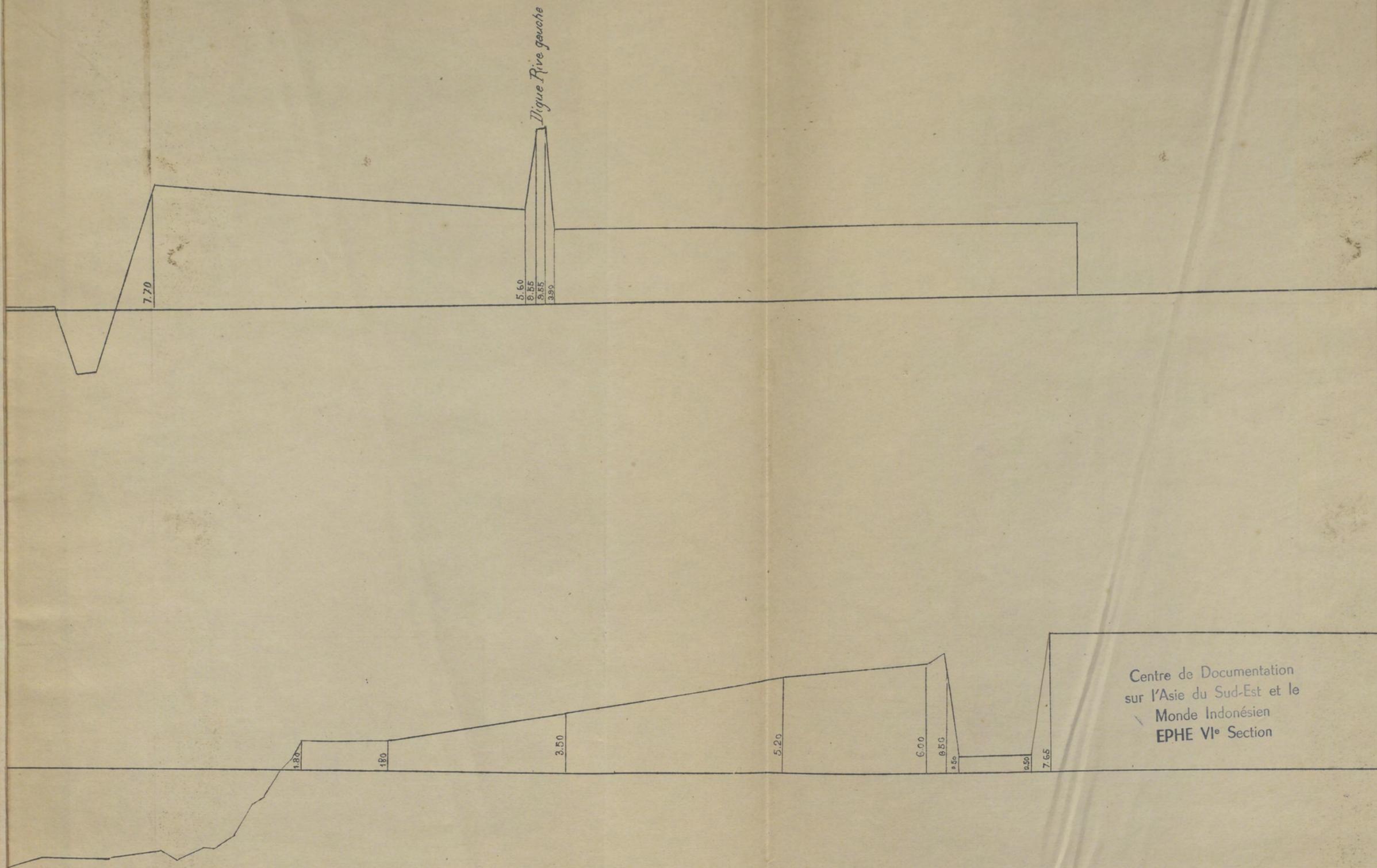


Planche N° 11.
Profil en travers du Fleuve Rouge en
divers points

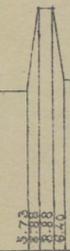
Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien
EPHE VI^e Section





Centre de Documentation
 sur l'Asie du Sud-Est et le
 Monde Indonésien
 EPHE VI^e Section

Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien
EPHE VI^e Section



Digue Rivé gauche

2.31
2.30
2.29
2.28
2.27

Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien
EPHE VI^e Section

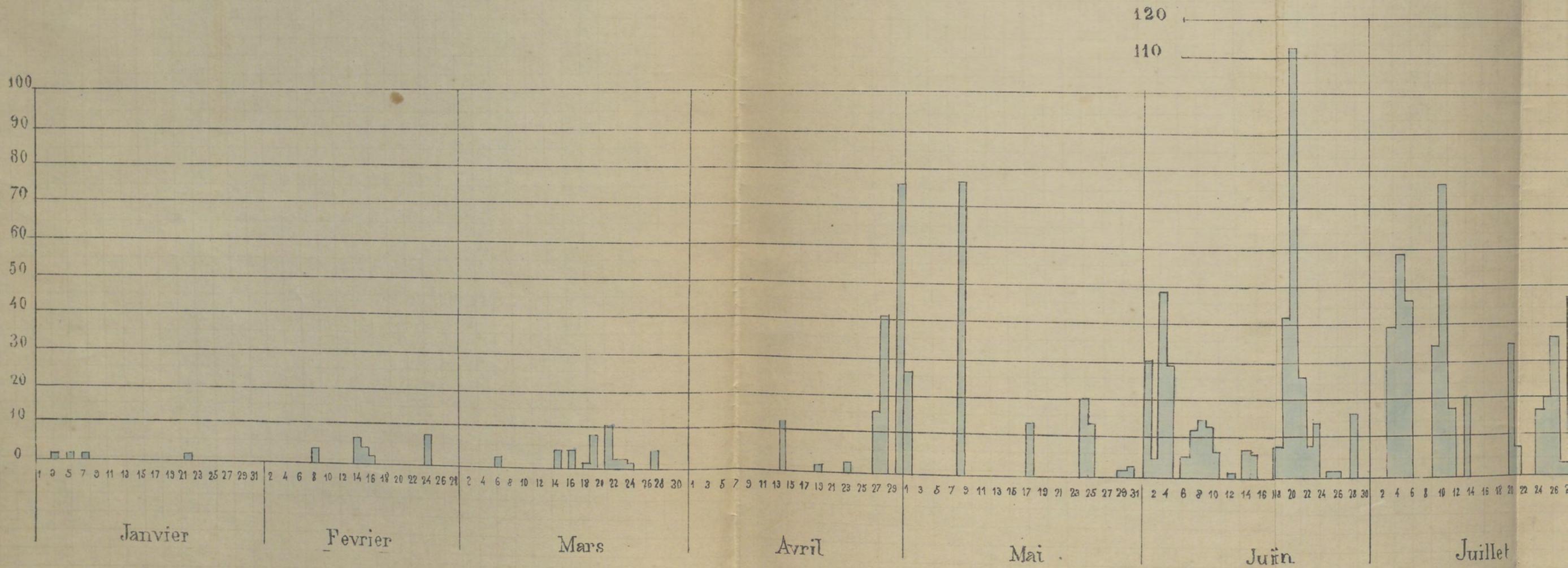
Blanche n° 12.
Diagramme des hauteurs de pluie à
Canton en 1894.
Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien
EPHE VI^e Section

Graphique des hauteurs de pluie

Constatées journalièrement à Hanoi pendant l'année 1894

Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien
EPHE VI^e Section

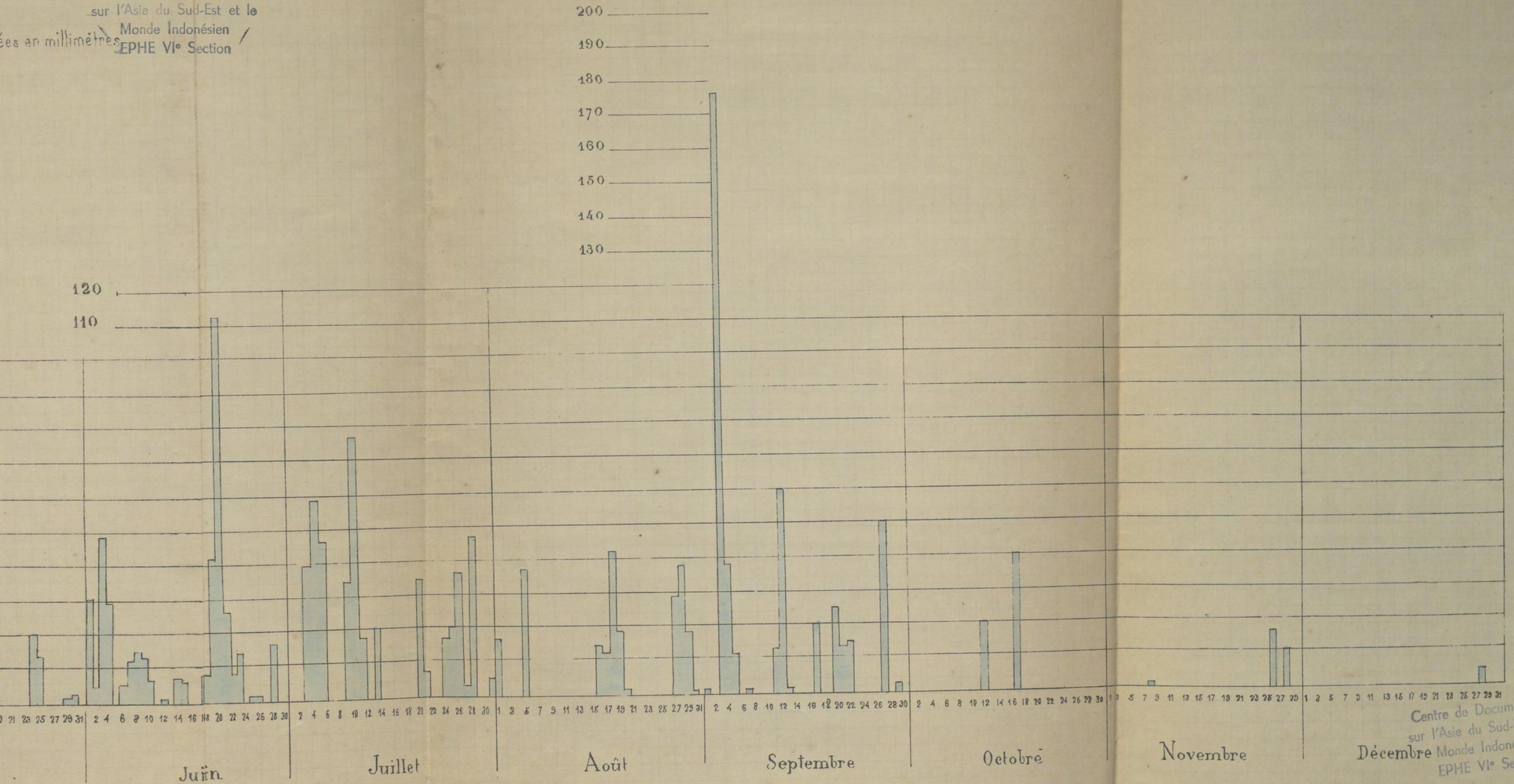
Nota- Les hauteurs de pluie sont données en millimètres



de pluie

dant l'année 1894

Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien /
mes en millimètres EPHE VI^e Section

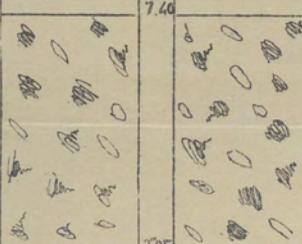


Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien /
EPHE VI^e Section

Planche N° 13
Sondages à grande profondeur
à Hanoi et à Haiphong
Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien
EPHE VI^e Section

EAUX D'HAIPHONG

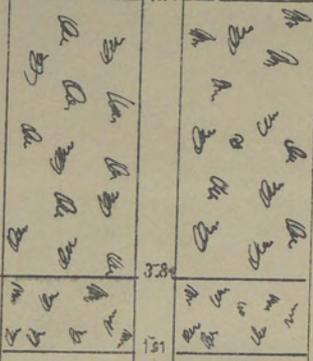
Sondage pour recherche d'eau potable souterraine
 Echelle des hauteurs 0^m01 par M^m

Noms des Terrains	Profond ^r au dessous du sol	Indication des Terrain traversés	Cotes rap portées au nivel ^e géné ^r	Observations explicatives diverses
Niveau du Sol	0,00		+4.08	Niveau du sol
Trou de manœuvre				
	2 ^m 08		2 ^m 08	
Argile bleu-noirâtre, molle, terreuse et un peu sableuse	3 ^m 55		1 ^m 50	
Argile bleu-noirâtre, plus pure et plus compacte				
	11 ^m 00		7.40	
Même argile mélangée de coquilles diverses				
	14 ^m 25		3 ^m 25	
Argile brune Traces de lignite rougeâtre Eau saumâtre				
	19 ^m 96		8 ^m 71	
			15,88	

bleuâtre plastique				
	29°50		25.42	
sable grossier terreux débris de coquilles	29°55	8°54 11.50	25.87	
Argile blanchâtre très dure et très compacte				
	35.00	2°05	30.92	
Sable grisâtre	36.25	17.25	32.17	
Sable gris légèrement argileux assez dur				
	39°65	8°40	35.57	
Gros sable quartzeux avec petits cailloux roulés Eau douce fournissant 72 litres à la minute				<p>A l'analyse l'Eau rencontrée n'est pas potable</p> <p>Au fur et à mesure de la descente les cailloux roulés deviennent plus gros et plus nombreux. Vers la fin de la couche ils sont en plus grande proportion que le sable</p>
	52°00	12.35	47.92	

Argile brunâtre assez dure veines rouges et vertes	54°96	2°96	50.88
Argile couleur lie de vin Veines grises et verdâtres	60°16	5°20	56.08
Marne grise dure mélangée de calcaire gris	60°96	5°20	56.88
Calcaire gris de fumée assez dur. Débris de coquilles	64°80	3°30	60.72
Calcaire gris de fumée marneux moins dur. Beaucoup de débris de coquilles	65°37	1°51	61.75
Grès dur rougeâtre et verdâtre à grains fin	73°00	7°19	68.92
Grès rougeâtre et verdâtre moins dur			

Au lavage les échantillons donnent un mélange de petites plaquettes, dures grésiformes et de petits graviers quartzes arrondis blancs et verdâtres, dans la proportion de 40 % environ



Centre de Documentation sur l'Asie du Sud-Est et le Monde Indonésien
EPHE VI^e Section

Echantillon découpé de 67°40 à 68°00

Grès rougeâtre
et verdâtre moins dur

85^m00

12^m00

80,92

Grès rougeâtre
schisteux, assez dur

Fait légèrement effervescence
sous l'acide chlorhydrique

90^m00

5^m00

85,92

Schistes friables, brun
foncé, grésiformes

Echantillon découpé
à 90^m75

96.00

6^m00

81,92

Même terrain

Fin du Sondage

100^m00

1^m05

85,93

Même Couche

100^m05

EAUX D'HANOÏ

Sondage exécuté dans les galeries de prise d'eau
de Yen Dinh

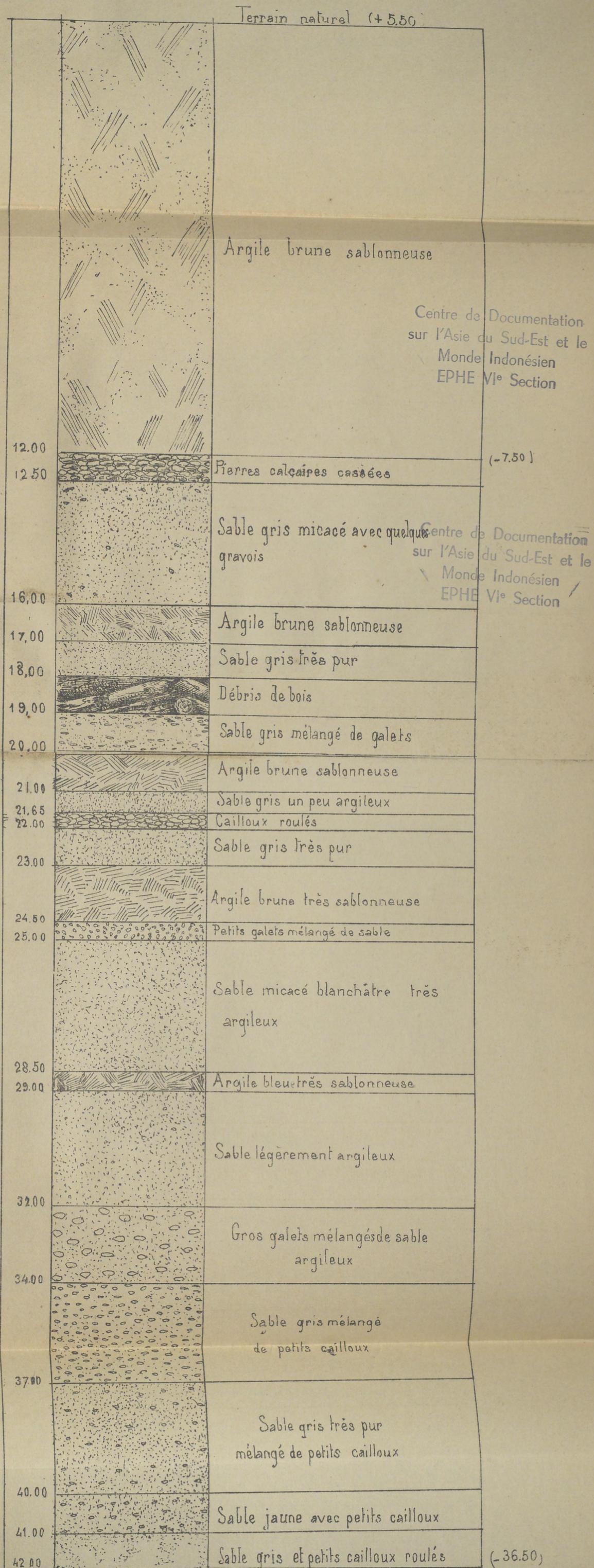


Planche N° 14
Batterie de 6 siphons
aspirants de 1^{er} 30

Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien
EPHE VI^e Section

Dispositions générales - A l'emplacement des siphons la digue sera disposée en abc d'âne; elle présentera des deux côtés des talus maçonnés formant poutres d'une voûte cylindrique; les piedroits seront soutenus par des pilotes aux têtes rayées; les talus seront bordés par des lignes de pieux et palplanches; le corps de la digue entre les piedroits sera constitué par un corroi en argile pour assurer l'étanchéité.

La batterie de siphons se composera de six gros siphons de 130 de diamètre et d'un siphon amorceur de 80; la selle des gros siphons sera établie au dessous du niveau des plus hautes eaux; celle du siphon amorceur sera établie à un niveau beaucoup plus bas de façon à ce que ce siphon puisse commencer à débiter quand les eaux du Fleuve sont à 2.50 au dessus des basses eaux, par la simple ouverture d'un robinet-vanne placé dans un puits étanche.

Les dispositions adoptées pour l'amorçage seront les suivantes: une conduite générale de 0.30 de diamètre, fermée à ses deux bouts, sera établie longitudinalement à la digue et dans le voisinage du sommet de cette digue; cette conduite sera mise en communication avec chacun des siphons par un tuyau de 0.10. La conduite de 0.30 sera fermée à une de ses extrémités par un robinet-vanne; à la jonction de chaque tuyau de 0.10 avec la conduite de 0.30, il y aura également un robinet-vanne. Enfin chaque gros siphon sera pourvu dans sa partie haute d'une ouverture de 0.20 munie d'une bonne fermeture autoclave.

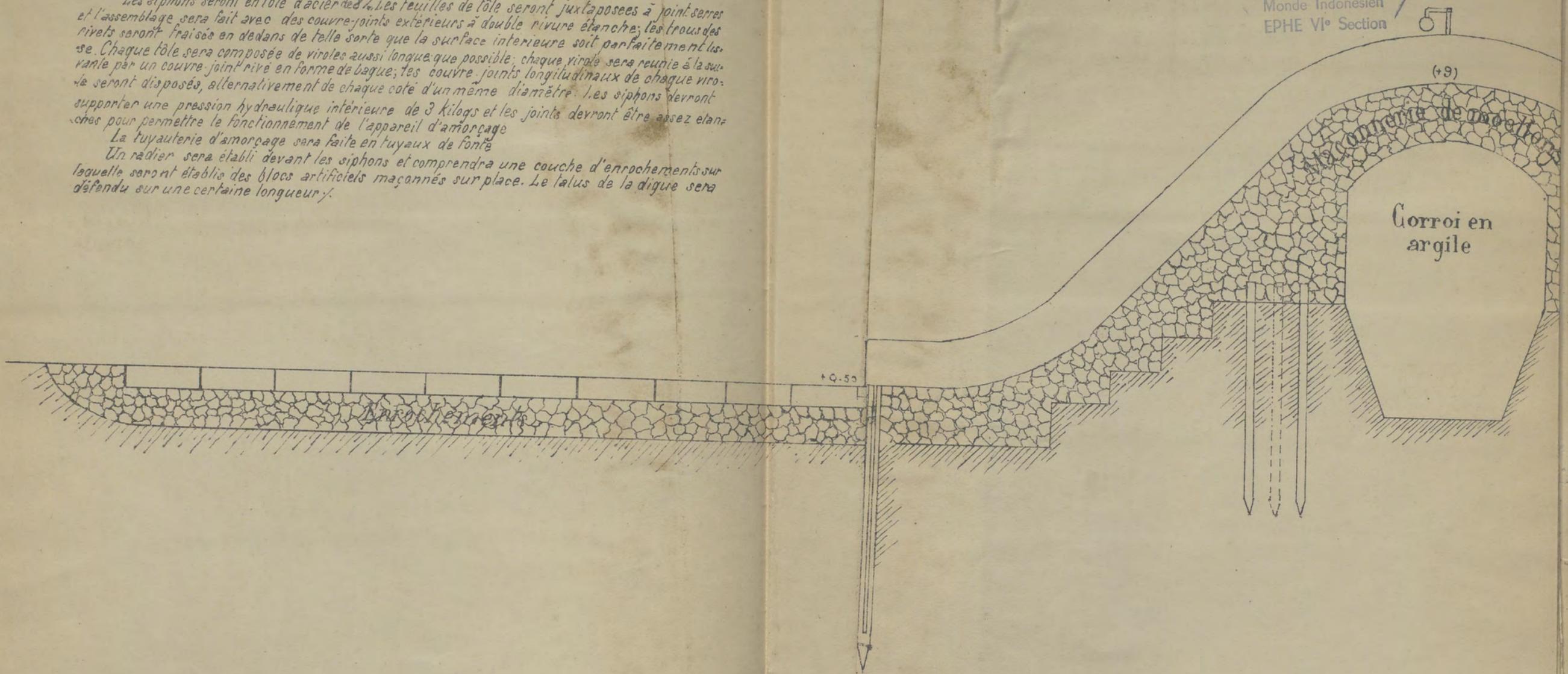
Les siphons seront en tôle d'acier de 8. Les feuilles de tôle seront juxtaposées à joint serrés et l'assemblage sera fait avec des couvre-joints extérieurs à double rivure étanche; les trous des rivets seront fraisés en dedans de telle sorte que la surface intérieure soit parfaitement lisse. Chaque tôle sera composée de viroles aussi longue que possible; chaque virole sera réunie à la suivante par un couvre-joint rivé en forme de bague; les couvre-joints longitudinaux de chaque virole seront disposés, alternativement de chaque côté d'un même diamètre. Les siphons devront supporter une pression hydraulique intérieure de 3 kilogs et les joints devront être assez étanches pour permettre le fonctionnement de l'appareil d'amorçage.

La tuyauterie d'amorçage sera faite en tuyaux de fonte.

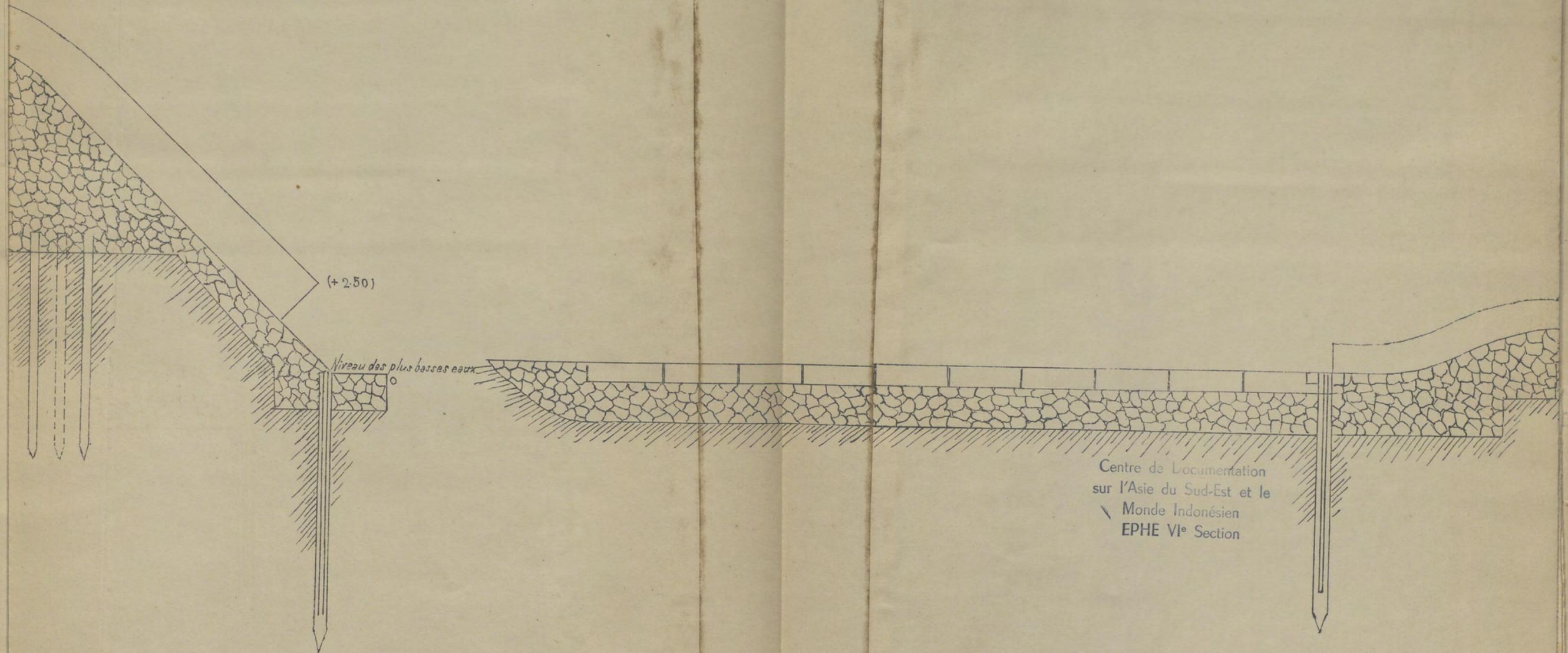
Un radier sera établi devant les siphons et comprendra une couche d'enrochements sur laquelle seront établis des blocs artificiels maçonnés sur place. Le talus de la digue sera défendu sur une certaine longueur.

Gros siphon coupe suivant du Plan général

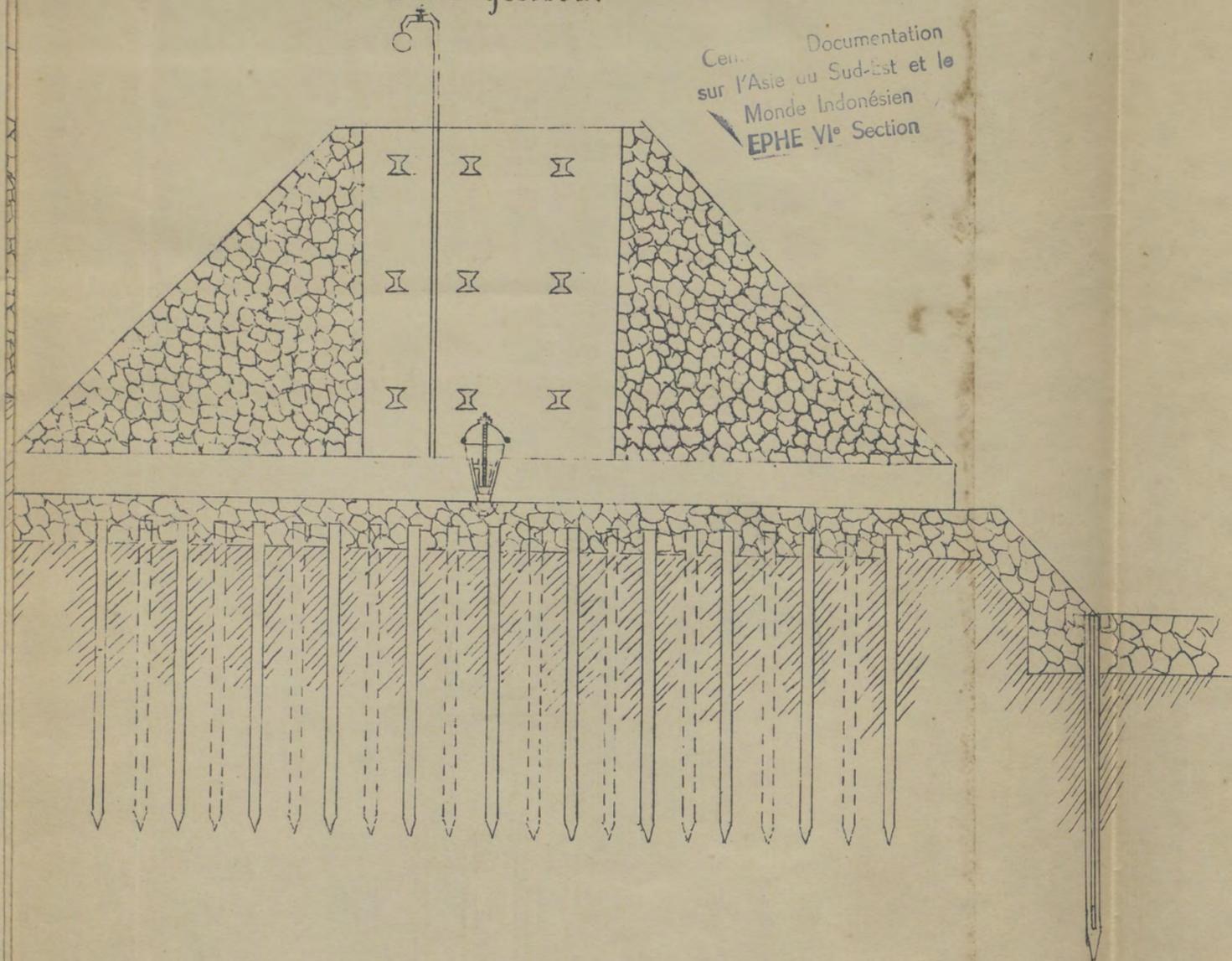
Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien
EPHE VI^e Section



nt AB

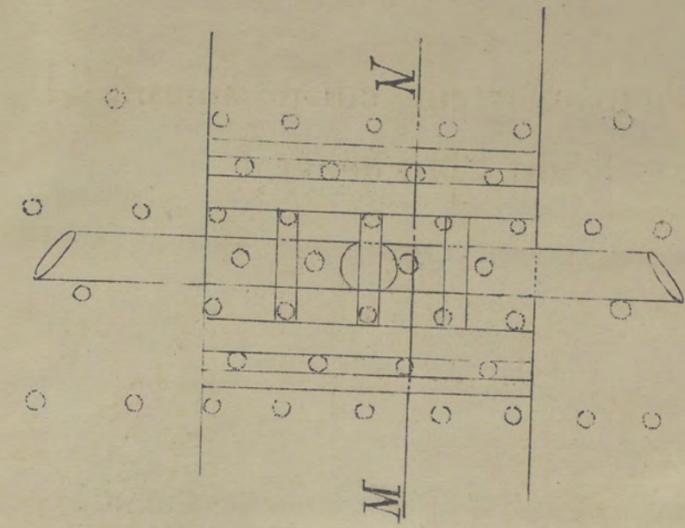


Siphon amorceur coupe suivant CD
du Plan général

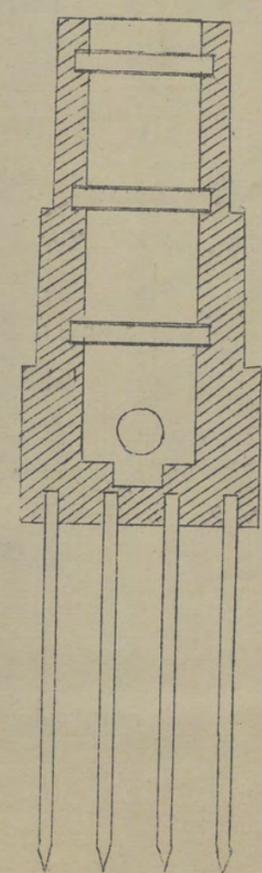


Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien
EPHE VI^e Section

Plan des fondations du puits
du robinet vanne du siphon amorceur

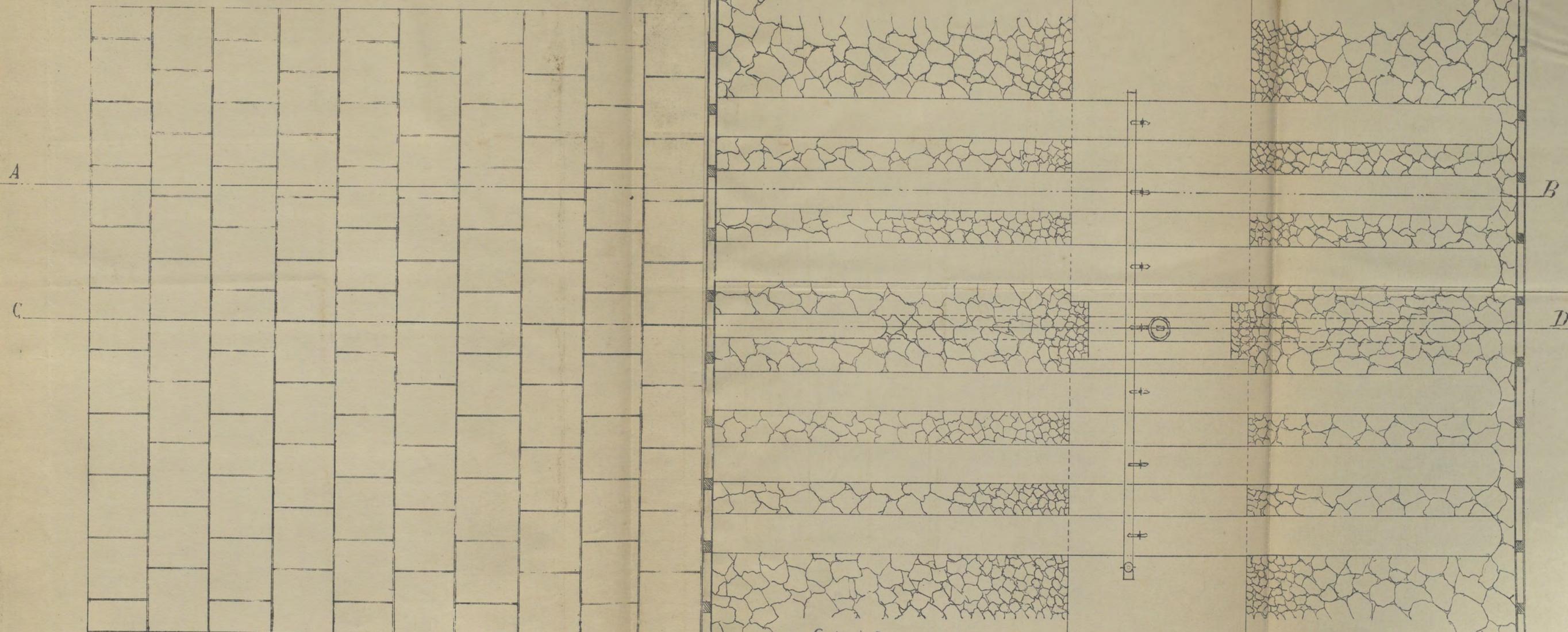


Coupe suivant MN



Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien
EPHE VI^e Section

Plan général de la batterie
de siphons



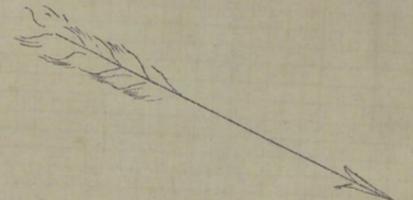
Centre de Documentat
sur l'Asie du Sud-Est e
Monde Indonésien
EPHE VI^e Section

Planche n° 15.
Emplacement des diverses parties du grand
barrage à établir au sommet du Delta.

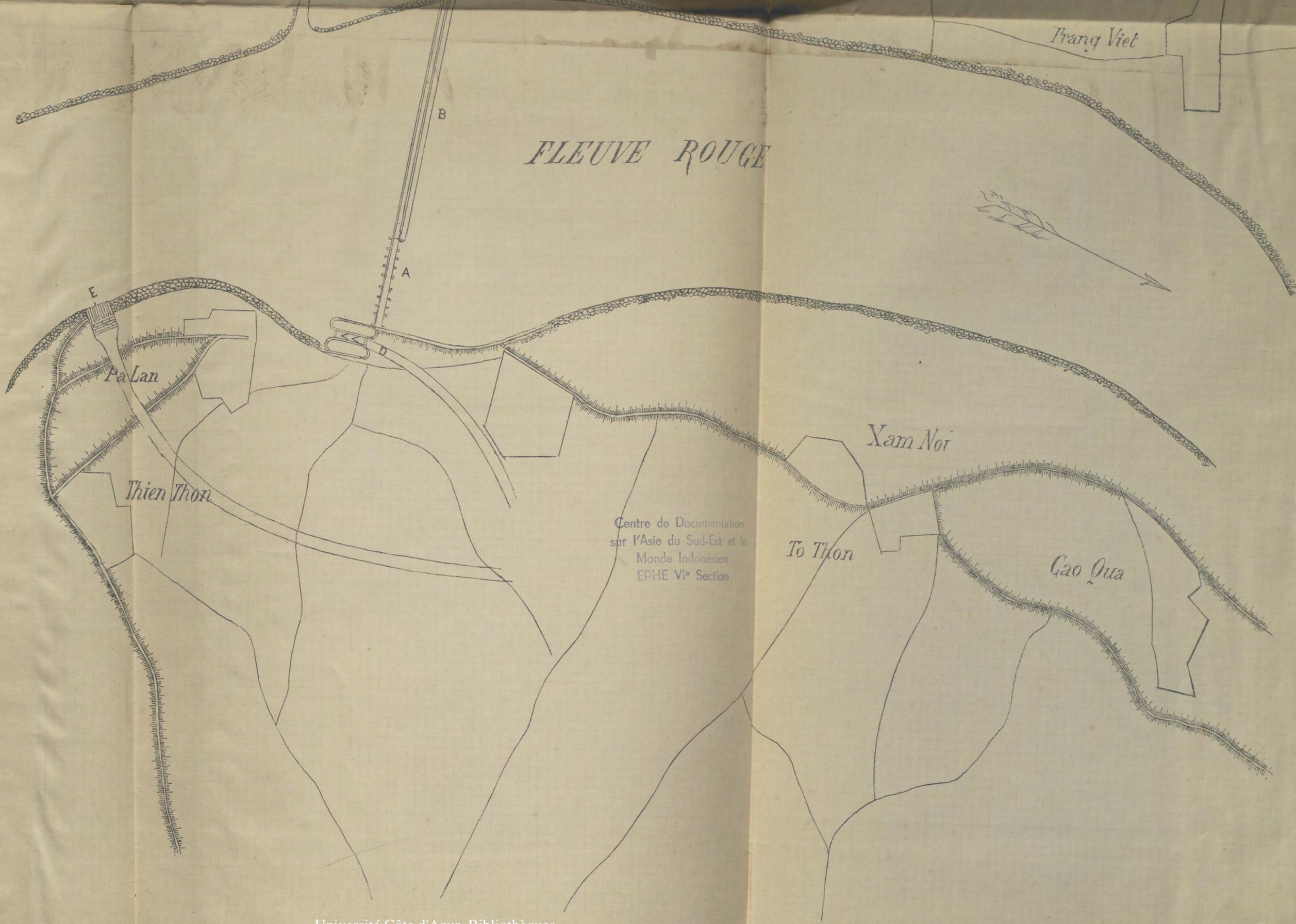
Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien
EPHE VI^e Section

Trang Viet

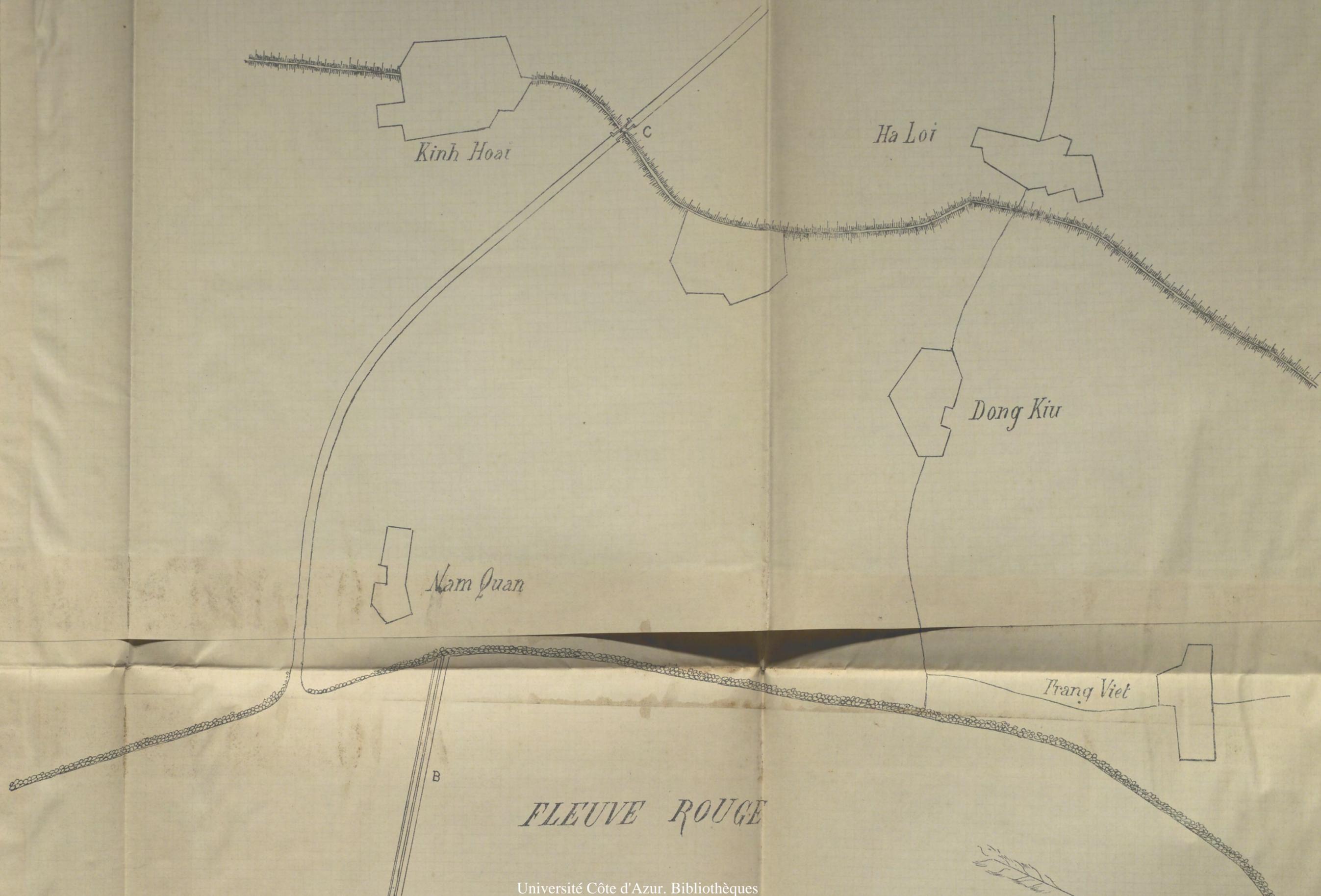
FLEUVE ROUGE



- LÉGENDE**
- A Barrage mobile
 - B Barrage fixe
 - C Ecluse de Navigation intérieure (rive gauche)
 - D Ecluse de Navigation intérieure (rive droite)
 - E Batterie de siphons (Prise d'eau)
- Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien
EPHE VI^e Section



Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien
EPHE VI^e Section



Kinh Hoaï

Ha Loi

Dong Kiu

Nam Quan

Trang Viet

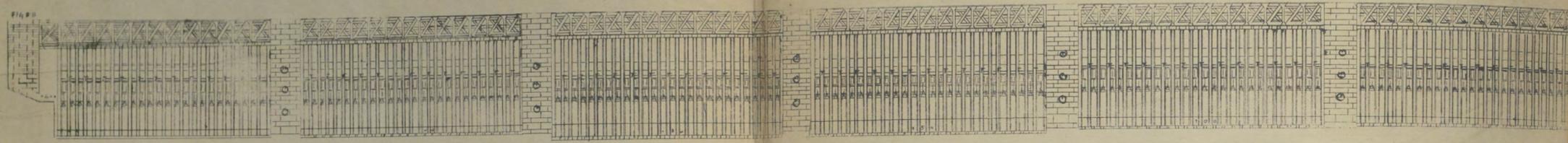
FLEUVE ROUGE

Planche N° 16
Plan et Elevation
du grand barrage

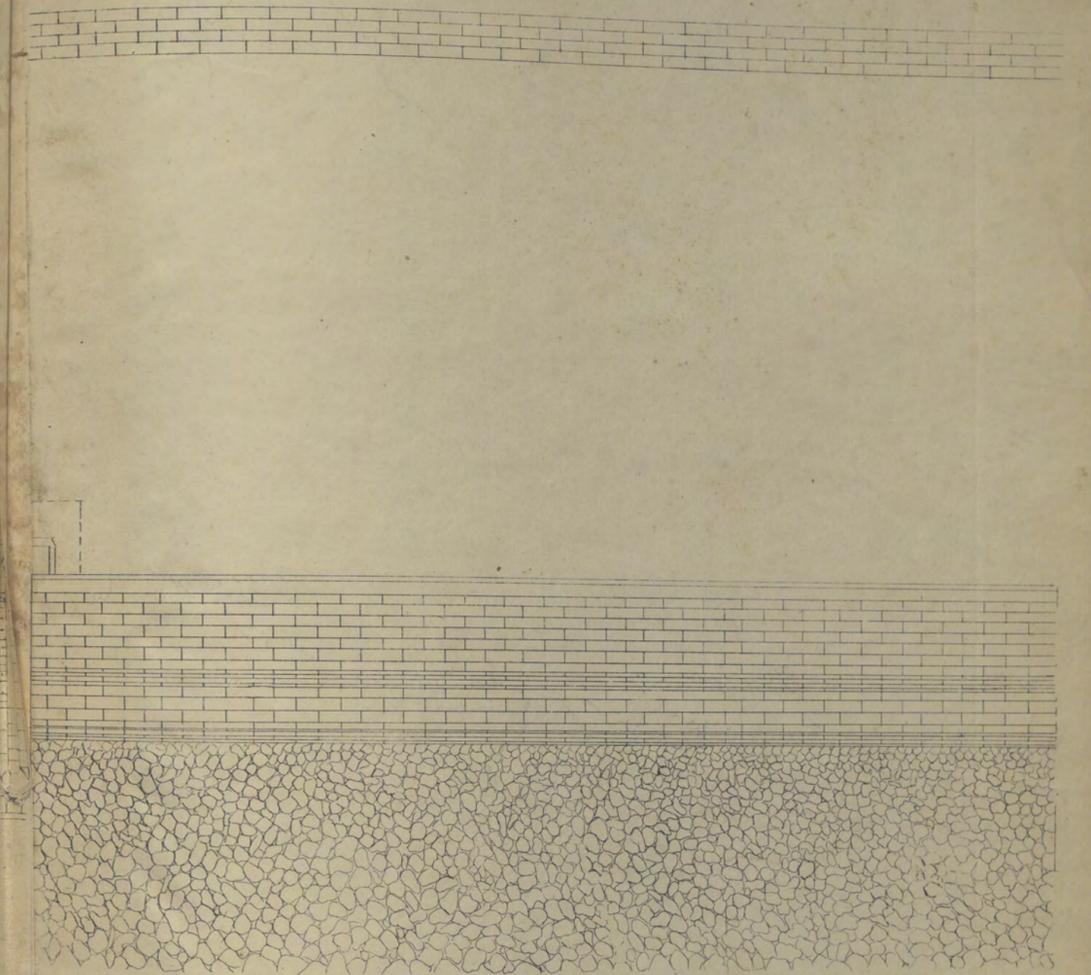
Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien
EPHE VI^e Section

BARRAGE DE PALAN SUR LE FLEUVE ROUGE

Élévation du barrage mobile

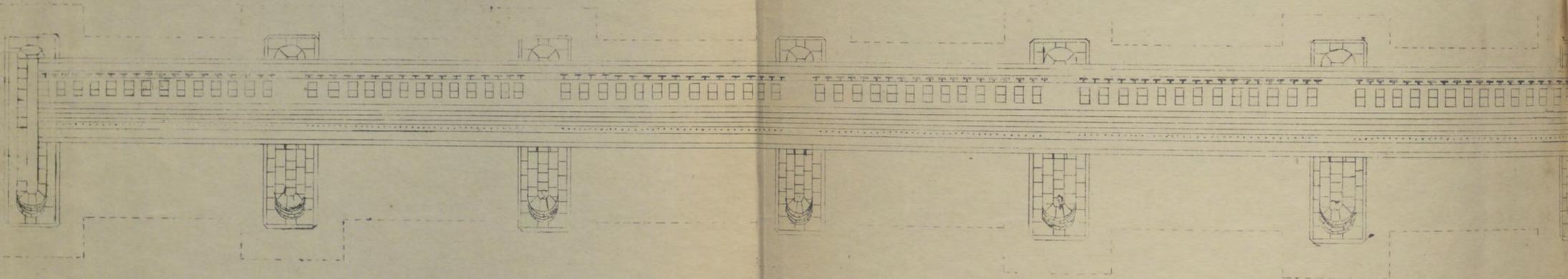


Élévation du barrage fixe



Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien
EPHE VI^e Section

PLAN



Echelle de 0^m002 p.m.

Planche N° 17

Coupe de la partie fixe du
Barrage de Talan

Centre de Documentation
sur l'Asie du Sud-Est et le
Monde Indonésien
EPHE VI^e Section

