

A tous ceux qui, pour la réalisation d'une grande idée nationale, ont exposé leur vie ou risqué leur épargne; à tous ceux qui, confiants dans la fécondité du génie français, ne veulent pas lui laisser ravir les fruits de tant de travail et de tant de sacrifices, je dédie ces pages.

P. BUNAU-VARILLA

Paris, 20 mars 1892.

PANAMA

LE PASSÉ — LE PRÉSENT — L'AVENIR

PAR



P. BUNAU-VARILLA

OUVRAGE ACCOMPAGNÉ
DE VUES PHOTOGRAPHIQUES, DE CARTES ET PLANS EN COULEUR
ET D'UN ATLAS A PART

PARIS
G. MASSON, ÉDITEUR
120, boulevard Saint-Germain
—
1892

AVANT-PROPOS

Depuis plus de trois ans, l'œuvre grandiose de Panama, après avoir traversé et franchi de mortelles difficultés, est arrêtée dans son développement.

Cédant aux instances meurtrières d'une calomnie industriellement organisée, la confiance publique s'est retirée d'elle et les travaux ont été interrompus, alors que toutes les inconnues de ce grand problème technique, attaquées une à une, avaient été successivement dégagées, au moment où la voie, si lourdement obstruée au début, avait été définitivement ouverte.

Depuis plus de trois ans, les vaillants qui s'étaient voués dans l'Isthme à la réalisation de cette conception colossale, qui, depuis la période embryonnaire, à travers des épreuves sans nombre, n'avaient pas un instant désespéré de la victoire, sont restés silencieux dans l'attente de la solution qui paraissait devoir se dégager des innombrables critiques que la patrie leur offrait en échange des efforts héroïques dépensés journellement pendant des années pour sa grandeur et pour sa gloire.

De toute cette controverse rien n'est sorti que les échos toujours répétés d'accusations odieuses ou d'appréciations erronées.

Il est temps que cela cesse. Encore quelques mois, et l'œuvre immortelle pour laquelle notre pays a dépensé tant d'argent et tant de sang,

l'œuvre immortelle qui doit être la gloire de la France et le couronnement du XIX^e siècle, sera définitivement ravie à notre patrimoine national et, passant à des mains étrangères qui l'attendent, tournera à la dérision du nom français et à la ruine des citoyens qui y ont porté leur épargne.

Bien que les hommes de travail et d'action soient le plus souvent impuissants dans les débats de plume et de parole, j'ai pensé qu'il était de mon devoir, moi qui si longtemps ai vécu au milieu de ces luttes sans trêve, moi qui, depuis le début de ma vie d'ingénieur consacrée à cette grande œuvre, ai dirigé les efforts de tant de ses vaillants pionniers, j'ai cru de mon devoir de parler et de faire entendre la voix de la vérité et de l'expérience au milieu du conflit des accusations mensongères, des idées fausses et du tumulte des sauveteurs et des naufrageurs.

P. B.-V.

PANAMA

DONNÉES GÉNÉRALES RELATIVES A LA RECONSTITUTION DE L'ENTREPRISE DU CANAL INTEROCÉANIQUE DE PANAMA

RAISONS D'ORDRE GÉNÉRAL JUSTIFIANT LA RECONSTITUTION

L'intérêt qui s'attache à la reconstitution de l'affaire de Panama relève de plusieurs ordres d'idées distincts.

Une partie importante du patrimoine national, déjà engagée dans cette œuvre, sera irrévocablement perdue d'ici à quelques mois, si rien n'est tenté pour la secourir et l'achever.

La diffusion considérable des titres, principalement parmi des souscripteurs de condition modeste et de petite épargne, est appelée à créer, dans l'hypothèse d'un désastre définitif, un sentiment d'amertume et de mécontentement populaires, qui peut avoir de graves conséquences, même au point de vue social.

La masse des petits intéressés qui s'est engagée dans l'espèce de croisade prêchée par M. de Lesseps, ne manquera pas d'attribuer l'agonie finale de l'entreprise à des spéculations financières de caractère louche, ayant pour but inavoué d'arracher la propriété du Canal à la France et de la frustrer du fruit légitime de ses efforts.

Lorsque l'on verra le Canal repris par les Américains, ce qui est, pour tout homme de bon sens, une éventualité certaine, en cas d'abandon par nous, il se lèvera dans le pays tout entier une protestation violente du sentiment public qui englobera dans la même accusation de trahison active ou passive, à la fois, les pouvoirs publics et les classes supérieures du pays, lesquels, en face d'un désastre national facile à éviter, n'auront fourni ni un effort, ni un homme, ni un million pour y parer.

Le peuple se trouvera blessé dans son orgueil national, dans ses intérêts matériels; il verra s'évanouir le sentiment confus qu'il a de la solidarité des différentes classes de citoyens en face d'une calamité publique.

Les conséquences d'un tel désastre ne seront pas d'ordre intérieur seulement; la renommée de notre pays en souffrira profondément à l'extérieur.

Les Américains du Nord, dont le sentiment national est très vif, et qui, depuis l'origine des travaux, ont vu avec regret l'œuvre du Canal poursuivie par une société européenne, trouveront, en finissant Panama, une compensation aux blessures d'amour-propre d'autrefois.

On constituera ainsi un monument trompeur élevé à la gloire de l'Étranger avec les débris de notre renom industriel.

En réalité, la chute définitive de l'entreprise ne sera pas seulement un désastre financier, elle pourra déterminer un danger politique et social; elle sera en tous cas le coup le plus rude qui aura jamais été porté en temps de paix à la réputation de notre pays à l'extérieur.

Chacun se rend compte, d'une façon plus ou moins précise, de la véritable calamité publique qui résulterait, pour la France, de l'effondrement définitif de l'œuvre de Panama; chacun possède également la notion des avantages de tous ordres que nous procurerait l'achèvement du Canal des deux Océans et comme depuis trois ans, depuis la suspension des travaux, rien n'est fait dans cette voie, on se trouve tout naturellement porté à conclure, par un raisonnement en quelque sorte instinctif, que si personne ne s'est encore attaché à cette affaire pour la terminer, malgré l'évidence palpable des multiples et considérables avantages qu'il y aurait à en tirer, c'est qu'en vérité elle est irréalisable.

C'est ainsi qu'il s'est créé, autour de l'achèvement du Canal, une

légende d'impossibilité qui a pour effet d'en éloigner les hommes qui lui seraient le plus nécessaires, et cette légende est d'autant plus ancrée dans l'esprit public, que l'intérêt qui s'attache à l'achèvement est plus grand, de sorte que ce qui devrait le plus contribuer au relèvement est peut-être ce qui jusqu'ici a paralysé le plus de volontés et enchaîné le plus d'efforts disponibles.

Mais les légendes cèdent devant l'examen et le raisonnement des faits.

Le premier homme de valeur et d'action qui saura étudier avec netteté cette question, cesser de la voir à travers le prisme des sentiments vagues et indécis qui flottent sur l'esprit public, qui saura en un mot se faire de toutes pièces une opinion et une conviction précises, et les appuyer par des actes, à celui-là écherra l'honneur enviable de réaliser l'une des plus grandes conceptions de ce siècle et de rendre à la collectivité française un service exceptionnel.

Cette tâche grandiose, et que l'on croit en général si hérissée de difficultés, est en réalité d'un accomplissement relativement facile. Je vais l'établir.

L'exécution du Canal est certaine dans des limites définies de temps et d'argent.

Autant l'entreprise initiale du Canal à niveau était dépourvue de bases déterminées, autant l'entreprise actuelle est bien définie. C'était, il y a douze ans, une véritable utopie que de vouloir fixer le coût d'un Canal à niveau, à travers l'Isthme, dans un terrain de consistance inconnue, avec une main-d'œuvre dont personne ne connaissait ni le prix de journée, ni le rendement moyen, dans un climat dangereux dont on ne pouvait supputer la proportion d'influence sur la qualité et la tenue de la direction des chantiers, et tout cela avec un régime de pluies dont il était impossible de préciser la répercussion sur le rendement des machines.

L'établissement des prix unitaires devait donc fatalement résulter de la multiplication, les unes par les autres, d'une série d'inconnues qu'aucune expérience antérieure ne permettait de fixer et dont l'appréciation était à cette époque purement arbitraire.

Quant à la masse même des différents travaux, elle était presque aussi mal définie que les prix de revient de leur exécution.

La profondeur considérable des tranchées, jointe à l'absence absolue de connaissances sur la nature intime des terres traversées, pouvait provoquer des variations considérables dans la masse des excavations prévues et, en même temps, l'absence de solutions réellement satisfaisantes et appropriées à la question du Chagres ouvrait, de ce côté encore, tout un champ inexploré.

En résumé, lorsqu'on se reporte à l'origine de ces travaux et au prodigieux et inextricable assemblage d'inconnues qui enveloppaient le problème d'un voile impénétrable, on ne sait trop si le fait de l'avoir attaqué est l'acte d'une héroïque folie ou l'inspiration d'une sagesse supérieure au niveau moyen de la raison humaine.

Après huit années de travaux, au cours desquelles environ 50 millions de mètres cubes ont été excavés dans toutes les parties de l'Isthme et dans toutes les conditions de travail, chacune de ces inconnues a été dégagée, chacun des problèmes a été résolu. Le prix et la valeur de la main-d'œuvre ont été mesurés, grâce à la mise en travail d'une légion d'ouvriers formée de toutes pièces sur place, et se chiffrant par un nombre de présences de 12 à 15,000, à chaque appel du matin; l'influence de la fièvre jaune et des conditions climatériques sur l'énergie, la volonté, sur le rendement intellectuel en un mot du personnel de direction, l'influence des pluies, de la nature du sol sur le rendement des machines, tout cela a fini par se dégager non pas en détail, mais en bloc, tout cela s'est concrété dans la valeur moyenne du mètre cube excavé dans les différentes parties de l'Isthme.

En même temps que le voile du début se déchirait, grâce à l'expérience de chaque jour; en même temps s'éloignait l'espérance de réaliser le Canal à niveau dans les conditions de temps et d'argent fixées au début.

L'adoption d'un Canal à écluses, commandée par cette révélation de la réalité expérimentale des prix de revient et de la durée des travaux, est venue alors achever, on pourrait dire, la consolidation définitive des idées. Ce projet, en réduisant la profondeur des tranchées nécessaires au passage du massif central et en élevant le niveau du Canal dans la vallée du Chagres, permettait d'éliminer de la question les plus dangereuses difficultés. Il rendait en outre possible de réduire la masse des efforts

restant à faire pour ouvrir le Canal à la navigation et de la proportionner à la quantité de puissance créatrice qui avait pu être développée à ce moment dans l'Isthme.

Ainsi se sont trouvés successivement attaqués et résolus tous les problèmes, éliminés tous les aléas.

On peut dire aujourd'hui, avec une absolue et indiscutable certitude, qu'il y a solution pour tout et qu'à moins de laisser de gaité de cœur le certain pour l'incertain, à moins d'abandonner les enseignements de l'expérience et de leur préférer telle ou telle idée préconçue, tel ou tel dogme technique, la voie à suivre est complètement ouverte et parfaitement connue, la dépense en temps et argent définie avec précision et certitude.

Les développements que l'on trouvera dans la suite de cet ouvrage l'établissent d'ailleurs avec une complète netteté.

Qu'il me soit cependant permis d'ajouter que la connaissance absolue des conditions d'exécution et des dispositions des travaux qui assurent, dans toute la longueur du canal, cette complète sécurité de l'exécution finale, n'est pas la propriété d'un nombre considérable de personnes.

Sur ces questions, toutes faites d'observation et d'expérience, les sophismes se glissent facilement et bien des gens ont regardé sans voir, bien des cerveaux ont pensé sans réfléchir.

Pour être résolu et défini, le problème de Panama n'est pas pour cela dominé par toutes les intelligences, et je le dis en passant, parce que cela est d'une importance capitale, il faut se défier des solutions qui n'ont pas été inspirées par la connaissance véritable, profonde, intime de toutes les conditions du problème, observées sur place par des gens aux prises avec les difficultés réelles.

Il faut y prendre garde, car une méconnaissance en apparence légère des données véritables de la question peut entraîner des répercussions dont on ne peut soupçonner la grandeur *a priori*.

Le projet de Canal à écluses adopté par la Compagnie en 1887, répondait précisément, ainsi que l'on pourra s'en convaincre plus loin, à cette recherche des solutions simples, pratiques et bien adaptées à la situation. Je lui ai fait subir une modification, toute de détail en apparence, mais dont les conséquences sont très étendues au point de vue de la facile et complète solution de la question du Chagres.

L'évaluation en temps et en argent des travaux, basée uniquement,

comme délai d'exécution, sur les rendements acquis antérieurement et, comme prix, sur les sommes allouées aux entreprises prospères par la Compagnie de Panama, porte à huit années le délai et à 560 millions le coût de l'exécution.

Comme les reproches faits à l'ancienne Compagnie résidaient dans la double accusation de ne pas travailler assez vite et de payer trop cher les travaux, je ne pense pas que l'on puisse, en même temps, objecter à cette évaluation que les délais qui y figurent soient trop restreints et les prix insuffisants.

L'exécution du Canal peut être subdivisée en différentes phases, de manière à assurer à l'œuvre la confiance absolue du public et assoir son crédit sur des faits éloquents par eux-mêmes.

La masse compacte d'une dépense de 560 millions de travaux, à augmenter de la charge des intérêts et frais financiers, pourrait n'être que difficilement absorbée par le public, s'il n'était possible de diviser l'effort total en deux phases, dont la première, la plus restreinte, est appelée à rendre parfaitement nette et limpide la question de l'ouverture du Canal et à la dégager complètement des grands obstacles qui, s'ils peuvent être considérés techniquement aujourd'hui comme résolus, n'en subsistent pas moins encore dans l'appréciation générale comme le symbole des difficultés qui ont fait échouer la Compagnie de Panama.

Ces deux grands obstacles sont la question du Chagres et la question de la Culebra.

L'aménagement du Chagres a été à coup sûr une des grosses difficultés du Canal. Quant à la Culebra, cette tranchée qui, pour le Canal à niveau, devait avoir 110 mètres de profondeur sur l'axe, 135 mètres à la plus haute crête du talus de droite et 160 à la plus haute crête du talus de gauche, elle est restée dans tous les esprits, et à juste titre, comme la plus formidable difficulté contre laquelle ait eu à lutter l'art de l'Ingénieur.

L'adoption du Canal à écluses a réduit la profondeur sur l'axe de l'excavation de la Culebra à 60 mètres au lieu de 110 mètres.

Déjà aujourd'hui, grâce aux travaux exécutés à la Culebra de 1886

à 1888, il ne subsiste plus qu'une différence de 35 mètres entre le plafond futur du Canal et le fond des tranchées ouvertes à travers le massif.

Mais ce fait est peu ou pas connu du public et la Culebra reste encore pour lui un problème, bien qu'il ait cessé aujourd'hui d'en être un pour les gens compétents.

Toutefois, le jour où les cunettes les plus profondes seront arrivées à 10 ou 12 mètres du plafond, il est incontestable que l'on sera unanime à reconnaître qu'une tranchée de 60 mètres de profondeur, qui a été coupée jusqu'à une dizaine de mètres de son plafond, et qu'il ne reste plus qu'à élargir et à terminer, ne fait pas question.

Il est incontestable que le jour où l'approfondissement restant à exécuter à la Culebra ne sera plus que de l'ordre de grandeur d'une tranchée courante de voie ferrée, le jour où l'on pourra montrer une tranchée ayant la crête d'un talus à 100 mètres au-dessus de son plafond et la crête de l'autre à 75 mètres et n'exigeant plus qu'un approfondissement insignifiant, ce jour-là, on considérera universellement le nœud gordien de la Culebra comme définitivement tranché.

Si, en même temps, on peut inaugurer le Canal dans toute la vallée du Chagres à la grande navigation et amener un paquebot, comme la *Touraine*, mouiller en plein Isthme, à 45 kilomètres de Colon, après avoir passé dans deux écluses ; si l'on peut, aux yeux d'une commission internationale d'inauguration partielle, établir que le problème du Chagres est complètement et intégralement résolu, que le Canal est fait et en service sur plus des 3/5^{es} de sa longueur isthmique (le Canal a 70 kilomètres dans les terres et 5 dans le Pacifique), c'est-à-dire dans toute la vallée du Chagres, enfin, que le problème de la Culebra n'existe plus, il est bien clair que cette magnifique et importante manifestation, dégageant la construction de tous ses aléas, sera, on peut l'affirmer, comprise par tous comme constituant le gain définitif de la partie. Le public n'appréciera plus ce qui reste à faire que comme des travaux complémentaires et, pendant la deuxième phase de l'exécution, l'entreprise jouira d'un crédit complet, presque identique à celui que lui méritera l'inauguration définitive de la totalité du tracé.

Or, les résultats dont je viens de faire mention peuvent être réalisés avec une dépense en travaux de 175 millions distribuée sur quatre années.

C'est la première phase qui, une fois franchie, établira le crédit de la nouvelle Compagnie, non sur des promesses ou des renseignements, mais sur des faits d'une pénétrante et manifeste éloquence.

ÉTAT PROBABLE DE L'ESPRIT PUBLIC LORS DES DIVERS APPELS AU CRÉDIT

Il ne suffit pas d'avoir défini les dispositions satisfaisantes pour assurer une division convenable dans l'effort global, il est indispensable de bien se rendre compte de l'état probable de l'esprit public aux différentes périodes de l'affaire et à quel ordre de sentiments on fera appel tant au début, que dans la suite.

Il ne faut point se dissimuler qu'en dehors des quelques hommes qui pourront éclairer leur religion par une étude personnelle approfondie, le premier appel au crédit qui retentira en France ne sera entendu que de ceux-là seuls qui ont souscrit à l'ancienne Compagnie.

La confiance publique ne reviendra à l'affaire de Panama que le jour où des faits éclatants auront effacé le souvenir des déceptions d'autrefois. Aussi n'est-ce pas sur le sentiment de la confiance générale dans l'œuvre à exécuter qu'il convient de baser l'espoir de se procurer les fonds indispensables pour réaliser la première phase !

Il existe un autre sentiment qui peut remplacer la confiance et produire les mêmes effets, c'est celui du dévouement des porteurs de titres de l'ancienne Compagnie et la volonté de sauver à tout prix le pécule engagé.

Ce sentiment est profond et vivace chez les porteurs de titres de Panama : ils ont encore dernièrement manifesté dans le pétitionnement du *Petit Journal* une énergie et une vigueur absolument extraordinaires.

En frappant droit et juste, mais en frappant une fois seulement, on doit pouvoir provoquer dans cette masse un effort de souscription représentant $1/8^e$ du capital à préserver, soit à peu près la somme de 175 millions nécessaire aux travaux de la première phase.

Il ne faut pas oublier que c'est seulement à un suprême appel que le public répondra, et que les élans provoqués par une crise disparaissent avec le danger.

Tel individu qui souscrira cinq actions aujourd'hui, sous la menace de perdre les 40 titres anciens qu'il possède, deviendra incapable de souscrire successivement ces actions à des intervalles séparés.

Il faut que l'engagement total soit pris d'une seule fois, pour assurer le service de l'intégralité des dépenses de la première phase et donner une entière sécurité pour la marche des travaux.

Une fois cette première période franchie, et après avoir manifesté avec éclat la vitalité de l'œuvre par la solution des deux gros problèmes du Chagres et de la Culebra, l'inauguration solennelle de 45 kilomètres de Canal sur 70, et la mise en service de deux écluses; une fois cette première phase franchie, une confiance complète succèdera à la défiance d'aujourd'hui. La réaction sera d'autant plus violente, que l'action aura été plus intense et le crédit de la nouvelle Compagnie sera assis sur la base la plus forte et la plus inébranlable.

PROGRAMME FINANCIER

PREMIÈRE PHASE

Pour franchir avec succès cette première partie de l'exécution, il faut, dès le début, se voir assuré de l'intégralité des ressources financières qu'elle exige.

La dépense totale de la première phase peut se chiffrer à 210 millions, dont 175 pour les travaux et 35 millions pour frais administratifs et intérêts, et cette somme devra être créée, partie à l'aide de l'actif disponible, aujourd'hui entre les mains de la liquidation de l'ancienne Compagnie, et partie à l'aide des souscriptions qui seront demandées au public.

Examinons cet actif réalisable tout d'abord.

Il se compose : 1° des actions du Panama Railroad, et 2° des versements effectués par l'ancienne Compagnie, au fonds de tirage et d'amortissement constitué pour assurer le service des obligations à lots autorisées par la loi de 1888.

Les actions du Panama Railroad, indispensables à toute Compagnie voulant exécuter un Canal à travers l'Isthme de Panama, représentent, pour l'ensemble du capital actions, une valeur de 35 à 40 millions, si l'on ne tient compte que des revenus nets du chemin de fer ; elles représentent une valeur beaucoup plus élevée, si, en dehors de ce revenu net, on fait intervenir la surprime que les constructeurs futurs du Canal seraient obligés de payer pour se procurer ces titres. La surprime qui a dû être versée par l'ancienne Compagnie, s'est élevée à peu près à une somme égale à la valeur intrinsèque du titre lui-même.

Il est vrai, qu'une partie des actions du P. R. R., appartenant à la Compagnie, ont été données en nantissement pour gager les travaux poursuivis dans l'Isthme, par la liquidation de la Compagnie, mais malgré cela, la masse des titres qui sont encore entre les mains du liquidateur représente environ 20 millions de valeur intrinsèque.

La deuxième partie de l'actif disponible réside dans les versements déjà faits pour 793,052 obligations non émises, versements faits au fonds d'amortissement général de l'ensemble des 2 millions de titres à lots.

L'ancienne Compagnie a versé 38 francs par obligation, la liquidation est donc crédeur, dans ce fonds d'amortissement, de 30 millions environ.

La valeur intrinsèque des titres, que détient la liquidation, soit comme bons à lots, soit comme actions du P. R. R., peut donc être estimée à 50 millions de francs.

Ce simple aperçu, jeté sur la valeur de l'actif réalisable, laissé par l'ancienne Compagnie, démontre qu'il n'est nullement exagéré de penser que l'on peut, sans dénaturer cet actif, gager, grâce à lui, un emprunt de 45 millions.

Dès lors, le service financier de la première phase serait assuré à l'aide de :

45 millions à provenir de l'actif actuel ;
175 — — — d'une souscription publique.

Examinons maintenant si la somme de 220 millions sera suffisante pour faire face aux dépenses :

Il va sans dire qu'il sera nécessaire de réduire les frais d'administration au strict nécessaire, ce qui est d'ailleurs facile avec une entreprise générale, moyennant des stipulations contractuelles convenablement arrêtées. D'autre part, il faudra que la presse et les établissements de crédit prêtent leur concours à prix coûtant. On est en droit de leur demander ce service, en raison des sommes considérables que leur a versées l'ancienne Compagnie et qui font peser sur eux une dette de reconnaissance, dont ils s'acquitteront en prêtant, au relèvement de l'œuvre, un concours désintéressé.

Dans ces conditions, j'ai compté pour frais d'administration, un million par an, et pour frais d'émission, 3 millions, soit près de 2 0/0 de l'emprunt de 175 millions.

Le budget des dépenses de la première phase s'établirait ainsi :

Frais d'émission de 175 millions	3.000.000
Frais d'administration, 4 ans à 1 million	4.000.000
Intérêts intercalaires à 5 0/0 sur titres émis	17.500.000
Travaux	175.000.000
Expropriations	7.000.000
Total	<u>206.500.000</u>

Et le budget des recettes :

Souscription publique	175.000.000
Emprunt sur actif réalisable	45.000.000
Total	<u>220.000.000</u>

La différence constituerait une marge de sécurité pour les dépenses accessoires, telles que des subventions au Gouvernement colombien, etc.

Ajoutons, en terminant, que la période de quatre ans pourra peut-être se trouver raccourcie et faire bénéficier, dans ce cas, d'une réduction correspondante d'intérêts.

DEUXIÈME PHASE

Dans cette seconde période qui aura une durée maximum de quatre années, il faudra faire appel au crédit et lui demander les ressources nécessaires pour :

1° Payer les intérêts sur la première émission, soit 8,750,000 × 4 ans.	35.000.000
2° Subvenir aux dépenses des travaux, soit.	375.000.000
3° Solder les frais d'administration, soit 1,000,000 × 4.	4.000.000
4° Payer les intérêts intercalaires, soit <i>grosso modo</i> 2 × 5 0/0 sur 500 millions.	50.000.000
5° Solder les frais d'émission que nous compterons dans cette période, non plus à 2 0/0, mais à 5 0/0, soit.	25.000.000
6° Satisfaire frais divers, publicité et accessoires	11.000.000
Total.	<u>500.000.000</u>

L'ensemble total des opérations financières de la première et de la deuxième phase comprendra donc un appel total au public, en huit années, de 675 millions, et un emprunt de 45 millions gagé sur les ressources actuelles, lesquelles subviendront d'elles-mêmes à l'intérêt de l'emprunt.

Tel est le résumé du programme financier qui, basé sur le programme technique, permet de n'aborder les gros chiffres de souscription que postérieurement à l'inauguration de plus des 3/5^{es} de la longueur du Canal, après la solution effective des problèmes du Chagres et de la Culebra. Il permet de ne faire appel à la confiance que le jour où la légende de l'impossibilité aura été détruite par des faits éclatants et remplacée par une foi absolue et universelle dans le succès.

ORGANE PRINCIPAL DE LA RECONSTITUTION

Il convient de chercher quelle est la personne morale pouvant avoir qualité pour prendre la charge de la reconstitution, procéder à l'appel au public et réorganiser les travaux conformément au programme qui vient d'être exposé.

En principe, le liquidateur, en raison du caractère attaché à ses fonctions, ne peut assumer lui-même ces différents rôles.

Sa mission consiste à liquider, c'est-à-dire à transformer, en titres ou en argent, la valeur du fonds commun des intéressés pour répartir entre eux, et dans l'ordre de leurs droits, le résultat de la liquidation.

Il peut, il est vrai, dans l'intérêt commun des intéressés, procéder à des emprunts, mais à l'unique condition que le but poursuivi se limite strictement à l'entretien de la propriété commune. Il ne peut inaugurer un régime nouveau.

Il paraît impossible de faire rentrer dans une opération de maintien et de conservation, même simplement, l'exécution de la première phase de construction.

Dans ces conditions, le liquidateur ne pouvant procéder par lui-même, il est nécessaire d'imaginer une autre personne morale avec laquelle le liquidateur traitera de gré à gré, ainsi que l'y autorise son caractère et comme le spécifie d'ailleurs le jugement qui l'a nommé.

C'est cette nouvelle personne morale qui sera la société nouvelle du Canal Interocéanique. Elle devra recevoir des mains du liquidateur tout l'actif et tous les droits de l'ancienne Compagnie avec ceux que la liquidation y aura pu ajouter, mais, par contre, elle assumera vis-à-vis de cette liquidation les obligations suivantes :

1° D'avoir à exécuter le Canal dans les délais impartis par la concession ;

2° De réserver aux ayants droit de la liquidation une proportion déterminée du bénéfice net de l'exploitation après avoir prélevé ses frais et l'intérêt de ses actions et de ses obligations.

On pourra, à titre d'exemple, citer les stipulations suivantes :

La capital de la nouvelle Compagnie sera, avant tout, rémunéré sur le solde liquide des recettes nettes jusqu'à concurrence :

- 1° Du service des intérêts et de l'amortissement des obligations ;
- 2° D'un service de 6 0/0 d'intérêts aux actions.

L'excédent serait réparti, par exemple, dans la proportion de 75 0/0 aux ayants droit de l'ancienne Compagnie et 25 0/0 aux actionnaires de la nouvelle.

Telle est la forme, à la fois engageante pour les nouveaux actionnaires et préservatrice pour les anciens porteurs, qu'il paraît convenable de choisir, les chiffres ci-dessus n'étant d'ailleurs exprimés qu'en vue de rendre précise et palpable la forme du contrat de liquidation proposée.

LE PASSÉ

LES ENSEIGNEMENTS ACQUIS

CONSIDÉRATIONS D'ENSEMBLE. — SOURCES DES IDÉES DÉVELOPPÉES

Cette étude n'a pas pour but de faire la critique ou l'apologie du passé, mais uniquement de mettre en lumière les enseignements qu'il comporte pour l'avenir.

La conception de la route directe d'Europe en Asie par l'ouest, dont la première idée a germé dans le génie de Christophe Colomb, a eu pour conséquence inattendue, il y a quatre siècles, la découverte de l'Amérique. La route vers l'Asie, barrée par le continent nouveau, a été l'objet des recherches de tous les explorateurs qui, après Colomb, ont voulu compléter son œuvre; mais le problème est resté sans solution.

Il était réservé à notre temps et au généreux peuple de France de chercher à réaliser artificiellement le passage qu'avait refusé la disposition naturelle des terres américaines.

Cédant à son tempérament enthousiaste des conceptions élevées, notre pays s'est levé pour cette croisade de la civilisation et a répondu à l'appel d'un des plus illustres de ses fils, de même qu'il y a huit siècles il n'hésitait point à suivre dans la croisade religieuse un homme appartenant à la même famille intellectuelle des semeurs d'idées simples et grandes.

La forteresse colossale, élevée par la Nature contre les tentatives du génie de l'homme et qui, pendant trois siècles, a glacé l'audace de la patrie des Simon

Balboa et des Fernan Cortez, vient de faire faiblir et céder l'énorme effort réalisé en ces derniers temps pour l'abattre.

Les raisons de ce grand et fatal échec sont nombreuses, mais toutes, sans presque aucune exception, dérivent d'une source commune : la nature même du problème posé à l'art de l'Ingénieur a empêché de le définir avec précision.

Des inconnues que l'analyse la plus subtile ne pouvait dégager, que la science des ingénieurs les plus illustres ne pouvait même soupçonner, existaient dans la nature intime et profonde du problème posé, et seule l'expérience matérielle des faits, des choses et du travail lui-même pouvait les mettre en lumière.

Or ces inconnues étaient les déterminantes réelles des solutions sages et complètes du problème.

C'est à ces inconnues qu'étaient liés et la définition des instruments de travail et leur rendement, c'est-à-dire leur puissance de création journalière.

Dire cela, c'est dire que la valeur totale de l'œuvre en argent et la durée de son exécution en temps étaient beaucoup plus dominées par les inconnues du problème que par ses données certaines.

Tous ceux qui ne sont pas familiarisés avec les questions de travaux publics, pourront à peine concevoir que l'on puisse entreprendre, dans de telles conditions, quoi que ce soit sans folie condamnable.

Hâtons-nous d'ajouter que toutes les entreprises, jusqu'à celles qui paraissent appartenir presque au domaine des sciences exactes, comportent, dans leur essence même, certaines inconnues que l'on se contente d'évaluer, faute de pouvoir les déterminer avec exactitude. Toutefois, ces évaluations qui, pour les ouvrages les plus courants, tels que les chemins de fer, les routes, les ponts, etc., sont presque toujours fortement erronées, reposent néanmoins, à l'ordinaire, sur la considération d'un grand nombre d'observations et d'expériences faites dans des cas très analogues à ceux que l'on considère.

Pour le Canal de Panama, aucune appréciation de cette catégorie n'était possible lors du Congrès de 1879, aucune évaluation de la nature et de la grandeur des inconnues ne pouvait être faite, basée sur une expérience antérieure même résultant d'une lointaine assimilation.

Il eût fallu une puissance de divination extra-humaine pour évaluer de combien pèserait sur la valeur et l'activité du personnel dirigeant, la fièvre jaune qui sévit dans l'Isthme sans trêve ni relâche et fauche constamment sa moisson humaine, de combien souffriraient, de l'effet combiné des pluies diluviennes et de la nature d'un sol imparfaitement connu, les instruments d'exécution mécanique que l'art de l'Ingénieur a créés ; il fallait pouvoir deviner ce que pourrait produire par journée de ce travail spécial et nouveau pour elle, la race africaine, la seule race capable d'exercer des efforts physiques sous ce ciel dissolvant.

Et tous ces facteurs multipliés simultanément pouvaient, sans que l'on

eût le droit de s'en étonner, déprimer dans des proportions considérables la production journalière des instruments de travail les mieux combinés et ne leur permettre de fournir que la moitié, que le quart, peut-être même que le dixième, de ce que l'on eût été en droit d'en attendre dans les conditions normales du travail de nos pays.

C'est uniquement à l'expérience, à la pratique, à l'observation de chaque jour, qu'il était donné de rendre apparente et de dégager toute la vérité.

En même temps qu'elle se dégageait, éclairant, rendant de jour en jour plus limpide pour l'observateur réfléchi, ce problème si grave et si profond, en même temps s'évanouissaient devant la lumière de l'expérience les chemins tracés *a priori* à travers l'inconnu vers le but cherché, en même temps apparaissait peu à peu la route véritable.

Cette route est aujourd'hui tracée et connue, elle est largement ouverte et conduit certainement au but.

Mais malheureusement restreint est le nombre des hommes qui ont reçu de la nature le don précieux de vivre sous ces climats meurtriers, sans y laisser rien d'eux-mêmes.

Restreint est le nombre des privilégiés auxquels le hasard de la constitution physique a permis de vivre longtemps dans l'Isthme, physiquement et intellectuellement, d'y apprendre, jour par jour, non dans les cabinets de travail, mais au milieu de l'activité matérielle et sous le soleil des chantiers, les grandes leçons de l'expérience et de l'observation, d'en tirer la philosophie voulue et qui, rejetant comme inutiles et nuisibles les dogmes techniques et les solutions toutes faites, ont reconnu la voie véritable et peuvent aujourd'hui la montrer.

Si le nombre de ceux-là est restreint, considérable est au contraire la quantité des hommes qui, ayant passé par l'Isthme, n'en ont rapporté que le souvenir illusoire des théories faites de loin sur des travaux aperçus de la véranda d'un bureau. Considérable est le nombre de ceux qui, par la nature sédentaire de leurs fonctions ou par suite de défaillances physiques qui les rendaient incapables de lutter victorieusement contre la dépression du climat, ont été associés à cette grande entreprise, sans avoir pu la pénétrer et la comprendre entièrement.

D'autre part, bien peu de personnes ont été à même de porter leurs investigations et leurs recherches sur l'intégralité de ce grand travail, et tel qui en connaîtra à fond les circonstances et les données sur telle partie spéciale, devra, le plus souvent, être resté, sans le savoir, profondément ignorant du reste. Comme le caractère de l'homme le porte, en général, à ignorer surtout sa propre ignorance, il ne faut pas s'étonner d'avoir vu tant d'appréciations inexactes se formuler avec une tranquille audace, tant de théories s'exposer avec une naïve conviction par des hommes qui appuyaient leurs idées et leurs assertions de cette phrase trop souvent décevante et trompeuse : « J'y ai été et j'ai vu ! »

Au milieu de ce conflit d'idées, d'opinions répandues à profusion après le désastre, est-il possible de faire entendre la voix de la vérité et de l'expérience raisonnée ?

J'ai exposé, dans un préambule, pourquoi j'avais été conduit à le tenter.

Il est fort possible que ma tentative soit de peu d'effet utile et qu'elle ait pour principal résultat d'attirer à son auteur des propos malveillants.

Cette éventualité ne m'importe, j'aurai fait mon devoir en exposant les idées et les constatations qui résultent de quatre années de labeur, de travail et d'espoir, consacrées dans l'Isthme de Panama à cette œuvre immortelle.

Mais, comme il est indispensable, pour connaître la valeur des idées d'un homme sur une telle question, de savoir tout d'abord où il les a puisées, je dois commencer cette étude en relatant les situations que j'ai occupées dans l'entreprise du Canal de Panama, ce qui me permettra en même temps de mettre sous les yeux du lecteur tout d'abord les phases principales de sa construction.

J'avais été nommé, depuis environ un an, ingénieur des Ponts et Chaussées à Bayeux, mon premier poste depuis l'école, lorsque, par suite de la conclusion des conventions entre l'État et les grandes Compagnies de chemins de fer, la suppression des services de construction amena une pléthore d'ingénieurs, ce qui disposa l'Administration des travaux publics à faciliter, dans la plus large mesure, la mise en congé de tous ceux qui désiraient s'attacher à des Compagnies privées.

Je profitai de cette disposition favorable pour sortir du service administratif et entrer dans le personnel technique de la Compagnie de Panama.

Je partis le 5 octobre 1884, pour l'Isthme, avec le titre d'Ingénieur chef de division.

Peu après mon arrivée, la répartition des travaux fut faite en trois divisions à la tête de chacune desquelles était placé un Ingénieur-chef. Une division correspondait à peu près au tiers de la longueur du Canal.

Je pris la direction de la troisième division qui comprenait l'important travail de la Culebra (tranchée du faite des Cordillères) et tout le versant du Pacifique.

Vers la fin d'avril 1885, le départ du chef de la première division vint ajouter à mon service la direction de la première division dont le siège était à l'extrémité côté atlantique du Canal : à Christophe-Colomb. A cette division furent rattachés, au moment où j'en pris possession, les importants services des transports et des opérations maritimes.

Ces services annexes avaient été l'objet de plaintes nombreuses et répétées ; ils entraînaient des rapports incessants avec la Compagnie du Panama Railroad dont les agents américains étaient en conflit continu avec les agents français de la Compagnie du Canal.

Le moment était en outre à Colon particulièrement critique : c'était au

lendemain de l'incendie de Colon, dernière conséquence de la révolution qui avait troublé les premiers mois de 1885. Cet incendie, anéantissant non seulement la ville elle-même, mais ses wharfs, avait suspendu presque tous les moyens de communiquer entre la terre et la baie, et par suite, paralysé complètement l'expédition du matériel considérable qui arrivait à ce moment en grandes quantités pour la Compagnie.

Il y avait à l'ancre dans la baie le jour de mon arrivée à Colon, si mes souvenirs sont exacts, neuf grands vapeurs appartenant à la Compagnie transatlantique ou affrétés par elle et qui, bondés de matériel pour la Compagnie du Canal, attendaient qu'il devint possible de les décharger.

Les services considérables de la première et de la troisième division, comprenant les deux tiers des travaux de l'Isthme, dont la direction dans ce moment critique absorbait mes jours et une partie de mes nuits, me donnaient la possibilité, au cours de tournées journalières sur les travaux, de jeter les bases d'une étude profonde et complète de toutes les parties de ce problème technique aux faces multiples. C'est pendant cette période absorbante que je pus arriver au contact personnel et constant de tous les chantiers et de toutes les parties des chantiers placés sous ma direction, et apprendre à mesurer et à apprécier la nature des difficultés d'exécution de chaque mètre de longueur du Canal, et cela pendant une saison particulièrement insalubre.

En septembre, les maladies et la mort continuaient à sévir ; le directeur des travaux, gravement atteint lui-même, dut regagner la France et je fus ainsi amené à assumer les fonctions de la direction générale avec un personnel décimé par les maladies et les défections.

Mais l'apprentissage de la première partie de l'année 1885 m'avait heureusement mis entre les mains tous les fils conducteurs de cette lourde administration et l'étude que j'en avais faite pour améliorer et perfectionner jusque dans leurs détails les rouages confiés à mes soins, me l'avait fait suffisamment connaître pour que la charge de la direction générale, lorsqu'elle tomba sur mes épaules dans ces conditions, ne me parût pas trop lourde.

Deux Ingénieurs de talent, MM. Petit et Sordoillet, me furent à ce moment envoyés de Paris pour occuper des postes de chef de division ; leur venue m'avait fait espérer un sérieux renfort, mais par malheur, arrivés ensemble, ils étaient conduits ensemble au cimetière quinze jours après, tombés victimes de la fatale maladie qui avait si terriblement éclairci les rangs du personnel de tous ordres.

Nous entrions dans une période où il était pourtant nécessaire de préparer un grand effort.

Depuis bien longtemps déjà on attendait avec anxiété que le cube mensuel exécuté atteignît un million de mètres cubes, et jamais cet idéal ne s'était, même de loin, réalisé.

Étant donnée la disparition de presque tout le personnel des premiers rangs,

je dus remplir les cadres par des hommes dont j'avais pu mesurer et connaître sur place la solidité et le dévouement, et je réveillai l'esprit un peu frappé de tout mon monde en usant de mon autorité pour récompenser largement les courageux et les travailleurs, et en renvoyant ou frappant sans hésitation les timides, les inutiles et les nuisibles.

Sous l'impression produite par cette sorte de contagion de la confiance et de la volonté, les travaux reprirent leur vigueur, dirigés surtout vers les préparations qui devaient assurer pour la saison sèche de 1886, c'est-à-dire pour les premiers mois de l'année suivante, une ample moisson de résultats.

En même temps que s'opérait le triage continu du personnel, un contrôle plus efficace de ses actes, une administration aux règlements plus simples et plus serrés secondait les efforts des travailleurs au lieu de les paralyser comme il arrive trop souvent. Le service des approvisionnements et des transports, cette intendance civile, après bien du travail, avait été mis en état de fonctionnement normal et venait apporter un élément de production nouveau en satisfaisant pour la première fois régulièrement et rapidement les besoins des chantiers.

Sous l'influence de ce travail de direction systématique et continu, basé sur l'enseignement des faits et la connaissance des hommes, la situation dans l'Isthme évoluait tranquillement vers des zones de progrès et de prospérité comme on n'en avait jamais entrevues, et cela, chose singulière, sans que la Compagnie à Paris pût s'en rendre compte exactement, car les modifications étaient encore tout internes et leurs manifestations ne devaient être rendues perceptibles qu'au cours des premiers mois de la saison sèche de 1886.

L'esprit de gérontocratie, inhérent à notre constitution sociale et qui veut qu'on juge les hommes non d'après leur valeur intrinsèque, mais selon la dose d'expérience que l'âge est supposé leur avoir fourni, s'effrayait probablement de voir la barre du gouvernail, par ce moment de crise, placée entre les mains d'un homme de vingt-six ans.

M. Lavieille, envoyé par le gouvernement français comme consul général de France à Panama, avec la mission de faire une première enquête sur la situation de cette grande entreprise, me le reprocha même en propres termes lors de notre première entrevue, au moment où j'allai au nom de la Compagnie de Panama lui souhaiter la bienvenue dans l'Isthme.

Après les premiers compliments, et dès le début de la conversation :

« Vous me permettez, me dit-il, Monsieur, sans mettre en doute pour
« cela les hautes qualités qui ont dû justifier votre promotion aux yeux de la
« Compagnie, de m'étonner, que le chef d'une entreprise non pas d'intérêt
« national, mais d'intérêt international universel, soit un homme de votre
« âge. »

« Souffrez à mon tour, lui répliquai-je, Monsieur le Consul général, que je
« sois surpris de voir manifester cet étonnement par un représentant du

« gouvernement de la République. Je m'étais toujours figuré, qu'un des principes, un des dogmes presque de l'idée républicaine, consiste à juger les hommes uniquement d'après leur valeur individuelle et les services qu'ils sont capables de rendre, sans tenir compte d'aucune considération d'âge, de galons ou de décoration, et que c'est même à ce dogme que l'on devait la brusque émergence, au-dessus du niveau ordinaire de l'humanité, des hommes qui ont eu noms Marceau, Hoche, Bonaparte, Gambetta.

« Revenons donc, si vous le voulez bien, Monsieur le Consul général, à ces principes qui sont les bons. Ce ne sont pas d'ailleurs de hautes qualités, comme celles auxquelles vous faisiez toute à l'heure une allusion de politesse, qui m'ont mis à la place que j'occupe, c'est une force de résistance particulière qui m'a permis de supporter, plus longtemps que ceux qui étaient devant moi, ce pays dissolvant. Je cherche à mettre dans l'exercice de mes fonctions le plus d'observation, de réflexion et d'activité possible; j'espère que vous serez bientôt témoin de mes efforts et persuadé qu'ils s'exercent fructueusement dans la bonne direction.

« A ce moment seulement vous pourrez apprécier en toute connaissance de cause, si la Compagnie a eu tort ou raison de confier à un homme de mon âge la gestion de ses intérêts et la direction de ses travaux dans l'Isthme. »

La Compagnie se rendait compte elle-même de l'impression analogue de défiance qui eut pu s'emparer du public et évitait avec soin, dans les *bulletins officiels* où mon nom venait à figurer, de me donner la qualification qui correspondait à mes fonctions.

C'est ainsi que lors de la présentation officielle que je fis des agents de la Compagnie au Consul général, celui-ci, en retour des paroles que j'avais prononcées, m'adressa un discours qui commençait par ces mots: Monsieur le Directeur. — Le *bulletin* le reproduisit en substituant à ces mots ceux de « Monsieur l'Ingénieur ».

Les sentiments assez clairement définis par ces anecdotes se répandirent en Colombie et le gouvernement de Bogota ému, croyant les travaux presque suspendus, envoya une délégation de trois ingénieurs présidée par M. Ponce de Léon pour faire une enquête sur la situation.

Cette commission travailla avec assiduité pendant quinze jours et se retira profondément pénétrée des preuves admirables de dévouement, de persistance, de volonté et d'énergie, que le personnel de la Compagnie lui avait en vingt endroits différents données.

Dans sa visite d'adieux, M. Ponce de Léon, saisi par une émotion qui l'honore, fit un éloge vibrant de la force d'âme avec laquelle les Français luttèrent, sans trêve, contre des difficultés gigantesques et un climat mortel. Dans une image que la langue espagnole permet, mais que le français plus froid n'autorise pas à traduire mot pour mot, il n'hésita pas à établir un parallèle entre

les campagnes héroïques de la France, à la fin du dernier siècle, et les luttes soutenues par nous dans l'Isthme.

De mon côté, certain du terrain sur lequel je marchais, négligeant et méprisant les marques de crainte et d'hésitation qui viennent d'être mises en relief par ces incidents, je continuais à préparer par un travail incessant tout ce qui pouvait amener une brillante campagne pour l'année 1886.

Pendant ce temps, la Compagnie, ne percevant pas à Paris la réaction que j'avais pu opérer dans l'Isthme, préparait à Paris la visite des délégués des Chambres de commerce, qui devaient venir se rendre compte de l'état des travaux avec M. Ferdinand de Lesseps, le Président de la Compagnie.

Désireux de faire occuper le poste de la Direction par son titulaire définitif, M. Boyer, avant l'arrivée de la délégation, M. Charles de Lesseps quitta la France avec ce dernier une quinzaine de jours auparavant, accompagné d'un vigoureux renfort de personnel.

Partis sous l'empire de la crainte de voir les travaux diminués, ou peut-être compromis par la fin de la saison de 1885, le Vice-Président et le nouveau Directeur se trouvèrent tout surpris, au fur et à mesure des escales américaines, d'entendre la renommée leur dépeindre un état florissant de la situation, et lorsque, à la fin du mois de janvier 1886, M. Charles de Lesseps mit le pied sur le wharf de Colon, je me vengeai de tous les doutes et de toutes les méfiances que mon malheureux âge m'avait valu, en lui annonçant que je pouvais quitter avec satisfaction les fonctions que j'avais temporairement remplies, car je rendais la Direction après avoir fait dépasser au rendement des chantiers le million de mètres cubes mensuel toujours espéré jusqu'alors et jamais atteint.

Je puis dire, non sans une certaine satisfaction, que ce résultat, qui a dominé toute la campagne de 1886, était en grande partie dû au redoublement de confiance, de bonne volonté et de dévouement qu'il m'avait été donné de communiquer à tout le personnel des travaux, par une présence presque continue sur les lieux mêmes de la lutte, en même temps que par des dispositions d'exécution bien adaptées, enfin par une administration d'où les mauvais agents avaient été pourchassés sans trêve.

Si cette façon de voir est exacte, nous devons en trouver la vérification dans la progression du rendement des chantiers d'une année à l'autre.

S'il est vrai que la récolte de résultats fournie par l'année 1886 ait véritablement pour origine les efforts et les préparatifs semés dans l'Isthme en 1885; s'il est exact que ces efforts et ces préparatifs aient eu, en réalité, une qualité et une intensité spéciales, l'accroissement du rendement de 1886 sur celui de 1885 doit être notablement supérieur à celui de deux années consécutives quelconques.

Si, au contraire, les préparatifs et les améliorations réalisés en 1885 ont eu la valeur ordinaire inhérente au développement courant d'une entreprise en marche, cet accroissement ne doit pas être différent de l'accroissement moyen.

Or, si l'on compare les cubes moyens mensuels réalisés en 1884, 1885, 1886 et 1887, on trouve que l'accroissement du cube de 1885 sur celui de 1884, est de 13 0/0, l'accroissement du cube de 1886 sur celui de 1885, de 42 0/0; enfin l'accroissement du cube de 1887 sur celui de 1886, n'est plus que de 8 0/0.

Pour bien saisir la philosophie que comporte l'étude de ces nombres, il n'est pas sans intérêt d'indiquer, dès maintenant, les résultats qu'ont donnés, au point de vue du cube excavé, les travaux de l'entreprise de Culebra, dont je me suis spécialement occupé en 1887 et en 1888, sous l'empire des circonstances que je décrirai plus loin.

Au cours de l'année 1887, ces travaux ont donné un rendement total de 750.000 mètres cubes environ et de 1.100.000 environ en 1888. L'accroissement d'une année à l'autre a donc été de 46 0/0, alors que l'activité totale des travaux du Canal, pendant ces deux années, restait à peu près au niveau qu'ils avaient atteint, lorsque j'en abandonnai la direction générale : il se rapproche du chiffre de 42 0/0 qui représente l'accroissement de production de la totalité des excavations du Canal de 1885 à 1886, accroissement dû aux efforts persistants développés au courant de 1885. Il est assez topique de remarquer que les travaux de Culebra réalisés par l'entreprise que j'avais formée et que je dirigeais, ont subi, d'une année à la suivante, un accroissement tout à fait du même ordre de grandeur que celui qu'avait éprouvé la marche des excavations générales du Canal, auparavant, sous l'empire des mêmes méthodes de travail et de la même direction.

On ne saurait avancer d'ailleurs, pour revenir aux résultats de 1886, que le rendement obtenu, au moment où je remis les services de la direction entre les mains de son titulaire définitif, M. Boyer, était fugitif et que le montant de 1.068.000 mètres cubes des excavations de janvier 1886 soit l'effet d'un concours heureux des circonstances : la solidité et la permanence de la situation créée se manifeste suffisamment par le tableau des cubes exécutés pendant toute la saison sèche de cette année 1886, c'est-à-dire de janvier à mai.

Janvier.	4.068.000	mètres cubes.	
Février.	4.018.000	—	—
Mars	4.039.000	—	—
Avril.	4.080.000	—	—
Mai.	4.042.000	—	—

On peut donc dire que jamais l'accroissement de la prospérité technique de l'entreprise totale du Canal n'a été ni aussi solide ni aussi intense que lorsqu'on a passé de 1885 à 1886, et je puis, avec quelque droit, y voir le reflet du travail incessant auquel je m'étais livré, avec enthousiasme et sans arrière-pensée, pour cette œuvre à laquelle je me suis consacré tout entier, comme un soldat se consacre à sa patrie sans arrière-pensée de succès personnel.

Je fus d'ailleurs à ce moment bien amplement récompensé de tant d'efforts, non seulement par la matérialité des résultats obtenus, mais encore par les attestations qui me vinrent de la part des témoins nombreux et indépendants qui se trouvaient à ce moment réunis dans l'Isthme, et par la triple initiative que prirent M. Lavieille, consul général de France, M. Rousseau, conseiller d'État, délégué par le gouvernement français et M. F. de Lesseps, président-directeur de la Compagnie du Canal, de me proposer pour la croix de la Légion d'honneur.

Mais au milieu des marques d'approbation qui me vinrent à ce moment et dans la suite, il en est une à laquelle j'attache un prix considérable, car elle émane d'un homme au caractère élevé, au jugement impartial et sûr.

M. le conseiller d'État Rousseau, chargé par le gouvernement français de procéder, au début de 1886, à une enquête sur la situation des travaux du Canal de Panama m'écrivait, six mois après l'accomplissement de sa mission, au sujet de la proposition qu'il avait cru devoir faire en ma faveur et il terminait sa lettre en disant :

« Je serai heureux de saisir toute occasion de rendre à nouveau témoignage de la situation que vous aviez conquise dans l'Isthme, aussi bien vis-à-vis des étrangers que de votre personnel, et de l'honneur qui en rejaillissait sur notre pays comme sur le corps auquel nous appartenons tous deux. »

De tels sentiments exprimés par un tel homme constituent pour celui qui les a fait naître la récompense la plus haute que l'accomplissement du devoir puisse apporter.

Ces paroles ont été pour moi un grand et noble encouragement et le témoignage spontané qui en émane a été, je puis le dire, le titre le plus précieux que m'ait valu cette partie de ma carrière.

Pendant toute cette période, je pus éprouver aussi la plus profonde des sensations du cœur humain, l'union des sentiments et le mâle contact des volontés entre celui qui dirige et ceux qui suivent avec entrain l'impulsion qu'il leur communique. J'ai vu, dans toute sa beauté, ce généreux élan de l'âme française qui produit si facilement tant de héros inconnus pour la masse, mais dont le souvenir reste toujours gravé dans la mémoire et dans le cœur de ceux qui les ont vus à l'œuvre.

C'est à mes collaborateurs, à tous ceux qui m'ont aidé dans ces moments critiques, que je reporte le meilleur de mes souvenirs et de ma reconnaissance.

Après avoir remis les services de la direction à mon successeur, camarade et ami Boyer, après m'être senti déchargé de cette responsabilité considérable, je compris qu'à certains moments, comme ceux que je venais de passer, le sentiment de la responsabilité constitue non une surcharge, mais un soutien.

Je n'avais pas encore éprouvé ce que l'effort que j'avais développé pendant de longs mois avait d'excessif et la détente qui se produisit alors, me fit payer, à gros intérêts, tous les excès de fatigue et de travail d'antan.

Je ne voulus point toutefois accepter de congé, mais mes forces trahirent cette fois ma volonté et une attaque de fièvre jaune faillit m'emporter au tombeau. Je pus finalement en triompher, mais en même temps je me vis contraint de quitter l'Isthme, en avril 1886, après plus de dix-sept mois de présence ininterrompue, disant au revoir à mon pauvre ami Boyer que je ne devais jamais retrouver : moins d'un mois après mon départ, il tombait frappé du même mal, trop souvent inexorable, mais moins heureux que moi, y succombait.

Avec l'année 1886 avait été inauguré, pour les travaux, un régime nouveau.

Jusqu'alors l'exécution du Canal avait été subdivisée en une série de petites entreprises auxquelles la Compagnie ne demandait et ne pouvait pas demander de consacrer de gros capitaux.

Beaucoup de ces entreprises avaient été confiées à d'anciens agents de la Compagnie qui, dans la plupart des cas, ont apporté dans l'exercice de leur nouvelles fonctions les meilleures qualités de dévouement, de solidité et d'intelligence.

Pour d'autres, au contraire, les choix n'avaient pu être aussi heureux et des travaux d'une importance souvent assez considérable, se sont trouvés entre les mains de personnalités qui étaient soit inférieures à leur mission, soit à tendances processives exagérées, soit enfin, heureusement par exception, d'une moralité de second ordre.

Le peu de garanties financières et parfois personnelles offertes par ces entreprises multiples, rendait la tâche de la direction particulièrement lourde, d'autant plus qu'en cas de discussion entre l'une d'elles et la Compagnie, toute une nuée d'hommes d'affaires habiles accourait à l'entrepreneur, lui offrant une intervention judiciaire et gratuite pour saisir la Compagnie dans les mailles de la loi colombienne et lui arracher, par des revendications le plus souvent absurdes, une indemnité aussi forte que possible à partager plus tard entre l'homme de loi et son client.

En dehors des difficultés considérables, résultant de cet état de choses démoralisant et qui obligeait la Compagnie à être constamment sur la défensive, pour parer aux revendications qui la menaçaient incessamment de tous côtés, elle avait à constater au jour le jour les travaux exécutés dans chaque petite entreprise, à les mesurer, et à les payer à des intervalles très rapprochés.

Or, pour mesurer les cubatures dans ces tranchées extrêmement larges, il faut des opérations très précises, difficiles à exécuter au milieu de l'activité des chantiers et demandant des agents d'élite, travailleurs, courageux et dévoués.

Toutes ces raisons nécessitaient un personnel extrêmement considérable

pour la surveillance et le contrôle, et qui pesait lourdement sur le budget de la Compagnie, constituant autant de bouches inutiles et de gens faisant un travail pénible et méritant, mais infécond, puisque le résultat de leur activité ne se traduisait pas par l'excavation d'un nombre petit ou grand de mètres cubes.

L'état avancé de la période d'installation avait amené la Compagnie à penser qu'il y aurait avantage à se dégager de cette administration difficile et compliquée, faisant reposer trop de choses sur une même tête, et elle avait décidé la création de grandes sociétés d'entreprises qui devaient, en quelque sorte, constituer des subdivisions de la Compagnie au point de vue de la construction.

Ces sociétés avaient toute la responsabilité de l'exécution et du choix des moyens propres à l'assurer; leurs obligations consistaient uniquement à excaver mensuellement un cube déterminé dans les limites du Canal.

La mission de la direction devait donc se limiter à partir de 1886 à une mission exclusivement de contrôle, puisque l'intervention technique dirigeante du représentant de la Compagnie dans la gestion de l'une quelconque des grandes entreprises devenait non seulement inutile mais dangereuse; un ordre, même un conseil de sa part, pouvait avoir pour conséquence de déplacer complètement la responsabilité et de l'enlever à la Société à laquelle elle incombait par contrat, pour la faire subir à la Compagnie.

La restriction des attributions du directeur ne me faisait pas désirer reprendre à nouveau ce poste, bien que la direction supérieure de la Compagnie, revenue de ses premières craintes et décidée probablement à braver la critique des séniles, eût manifesté le désir de me le voir occuper à titre définitif.

Je croyais pouvoir servir mieux les intérêts du Canal en me plaçant à un poste d'attaque et de travail, fût-il secondaire, plutôt qu'à un poste de contrôle, fût-il le premier.

A cette époque, une question était l'objet des constantes préoccupations de la Compagnie: l'exécution de la Culebra, c'est-à-dire de cette tranchée colossale qui, sur 1,856 mètres de longueur, recèle dans ses flancs environ le 1/5 de la totalité du cube exigé pour l'exécution du Canal à niveau tout entier, lequel a une longueur totale de 75.000 mètres.

Bien que ce travail fût le plus important de tous et qu'à ce titre il ait sollicité depuis le début l'attention et les préoccupations de la Compagnie, bien que sur ce point se fussent accumulés tous les efforts et toutes les recherches de préférence aux autres, l'on pouvait dire en 1886 que, malgré toutes les tentatives, la question n'avait point fait un pas sérieux vers la solution définitive.

Dès la fin de 1884, la Compagnie, après avoir essayé sans succès de toutes les formes administratives d'exécution: la régie directe, la régie intéressée, la subdivision en petites entreprises, s'était enfin résolue à y installer une entreprise générale. La Société, connue sous le nom d'« Entreprise générale anglo-hollandaise », s'était mise à l'œuvre dès la fin de 1884, et malgré la haute expérience des directeurs coassociés, dont les travaux antérieurs justifiaient la con-

fiance qui avait été mise en eux, malgré des dépenses qui se sont soldées définitivement par des pertes brutes considérables, cette Société, dis-je, avait vu ses efforts échouer et se trouvait, au milieu de 1886, dans l'incapacité de poursuivre des travaux désormais frappés de stérilité.

C'était la seule grande entreprise qui ait été créée dans l'Isthme pendant mon séjour et dont j'avais eu à m'occuper, soit comme Ingénieur-chef de division, soit dans mes fonctions de Directeur des travaux.

Pour celle-ci, je n'étais en réalité que le chef du contrôle et, comme je l'ai expliqué tout à l'heure, je ne pouvais exercer sur elle aucune action directrice technique.

Les études de tous les jours, auxquelles je n'ai jamais cessé de me livrer dans l'Isthme sur les différentes parties du problème technique, m'avaient, en ce qui concerne la Culebra, après de laborieuses observations et à la suite des nombreuses expériences dont j'avais été le témoin, suggéré certaines idées entièrement nouvelles sur la marche des travaux et les solutions de nature à résoudre la redoutable difficulté qui résultait, pour la Compagnie, de l'exécution de cette tranchée.

J'avais eu, dans de nombreux entretiens verbaux avec les agents de la Société anglo-hollandaise, l'occasion de leur exposer ces idées et de leur en conseiller l'adoption, mais à titre purement officieux, car il m'était interdit de les imposer sans renverser toute l'économie du contrat, et d'ailleurs une solution imposée par un ingénieur à un entrepreneur, fût-elle la plus justifiée, ne réussit presque jamais, car en pareil cas l'exécution n'est pas la servante fidèle, mais bien souvent l'ennemie mortelle de la conception.

Revenu à Paris vers le milieu de 1886, j'appris que, comme il était facile de le prévoir, l'Entreprise anglo-hollandaise allait céder la place à une autre.

J'entrevis alors avec effroi toutes les conséquences qu'allait entraîner pour la Compagnie cet état de choses, si l'on ne prenait pas des solutions avisées. Une nouvelle Société allait être formée, très certainement de gens connus, ayant derrière eux la renommée acquise par des travaux plus ou moins difficiles exécutés antérieurement.

Ces hommes ne seraient certainement plus de jeunes gens, car la renommée ne suit pas volontiers en France les hommes jeunes.

Ces hommes seraient certainement, par conséquent, entrés dans la période de la vie où mille attaches matérielles et morales vous retiennent dans la patrie et font fuir les lointains voyages, surtout ceux, comme celui de Panama, où l'on marche souvent entre les tombes et où il faut un certain ressort pour résister au vertige qui attire vers elles.

Il était certain que ces nouveaux directeurs d'une telle entreprise ne devaient pas apporter la quote-part du plus précieux élément de succès, la présence personnelle du chef sur le lieu du travail, j'allais presque dire sur le champ de bataille, cela eût mieux traduit ma pensée.

La nouvelle entreprise allait certainement envoyer non pas les associés responsables, mais des agents, à la tête des travaux.

Ces agents subordonnés seraient certainement choisis parmi des hommes ayant la confiance de leurs supérieurs et apportant dans la direction de leurs travaux des idées admises par ceux-ci comme des vérités d'évangile et les appliquant avec la conscience du devoir accompli sans en rien retrancher, ni rien ajouter.

Il y avait fort à parier que si, parmi ces hommes, il en était qui pussent avoir la vigueur et la lucidité d'esprit nécessaires pour voir la solution véritable et prendre sur eux de l'appliquer, ceux-ci, pour comprendre la nécessité des solutions nouvelles, devaient en tous cas attendre l'expérience du cycle complet des éventualités météorologiques de l'Isthme, c'est-à-dire une année.

Il y avait fort à parier aussi que si, par un hasard extraordinaire, on était tombé sur des hommes aussi bien doués, il y aurait eu quelque autre raison qui les aurait, comme les autres, empêchés de traduire en faits les solutions enseignées par l'expérience.

Ils couraient, en tous cas, le danger de tomber victimes de la fièvre, temporairement ou définitivement.

En outre, une grève, un grave désordre sur les chantiers, sont mal appréciés de loin, les circonstances difficiles ne sont pas convenablement jugées à distance et peuvent amener le rappel d'un homme qui est exceptionnel, précieux, unique, qui fait un excellent travail, mais dont la valeur ne se dévoile pas encore manifestement par des résultats financiers.

En un mot, je craignais, que dis-je, j'étais sûr, de voir se renouveler, avec une nouvelle entreprise, les hésitations, les erreurs, les changements de directeurs et de théories qui avaient stérilisé les efforts de la Société précédente, et qui étaient non pas particuliers à elle-même, mais imposés par la logique immuable des faits et la fatalité inflexible des circonstances.

Or, les travaux de la Culebra ne pouvaient souffrir ni retard ni attente. Déjà dans le monde entier se répandait la notion qu'il y avait là une impossibilité que rien ne pourrait vaincre, et que, si l'on pouvait faire le Canal de part et d'autre de la Cordillère, le mur central resterait toujours debout.

Une nouvelle expérience infructueuse, et c'en était fait de l'œuvre de Panama: cette grande entreprise française tombait non pas sur une question d'argent, ce qui peut toujours se réparer, mais sur une question technique, ce qui eut été irrémédiable. Elle tombait non par suite du défaut de persistance de notre race, ce qui n'est qu'une faute, mais sur la constatation publique, universelle de notre incapacité à résoudre un problème technique, ce qui était un outrage ineffaçable à la science française.

Pour éviter cette menaçante perspective, il fallait faire surgir du sol une entreprise tout armée, capable de livrer immédiatement le bon combat décisif et de triompher sans tarder, si le triomphe était possible.

Il fallait pour cela :

1° Un plan mûrement étudié, dicté par une expérience prolongée de toutes les circonstances et de toutes les difficultés, et inspiré des solutions capables de faire disparaître les obstacles jusqu'alors insurmontés.

2° Des hommes qui pussent apporter dans la direction des travaux, avec l'amour profond de l'œuvre entreprise, le sentiment qu'ils devraient, pour recueillir tous les bénéfices de leurs efforts, supporter tous les dangers, tous les périls, toutes les abnégations de la direction et du travail personnel dans l'Isthme.

3° Il fallait que ces hommes fussent non seulement prêts à remplir de telle façon leurs devoirs, il fallait encore qu'ils eussent démontré par une expérience antérieure qu'ils pouvaient les accomplir intégralement.

4° Il fallait enfin que les capitaux appelés à féconder le travail eussent une absolue confiance dans le succès et la justesse des idées à appliquer et n'hésitassent point à les suivre dans leur périlleux développement.

Afin de réaliser ces conditions qui me paraissaient les conditions nécessaires et suffisantes pour tenter avec espoir de succès cette hasardeuse campagne, j'avais d'abord songé à créer une immense régie, au chef de laquelle la Compagnie aurait donné les moyens d'actions qui sont ceux de l'entrepreneur sur son personnel, à savoir, le droit de récompenser largement et immédiatement, sans demander d'autorisation, les actes méritoires des travailleurs de tous les degrés, ce qui, avec les promotions rapides et justifiées, constitue le stimulant le plus énergique de l'activité humaine.

La direction supérieure ne voulut pas entrer dans ces vues, car la régie possède, en matière de travaux publics, la plus mauvaise des réputations, en France.

Une régie, comme une entreprise, vaut ce que vaut celui qui la dirige ; or, les régies sont en général en France confiées à des gens élevés dans l'administration, et ils n'y apportent, comme dans l'exercice de leur vie administrative habituelle, que la quantité de travail stricte exigée par un règlement indulgent, c'est-à-dire une dose d'activité, de soin éveillé, de tension d'esprit et de cœur en un mot, tout à fait insuffisante pour diriger et inspirer un travail difficile et risqué.

En outre, on me représenta, à juste titre, qu'une grande Compagnie, comme celle du Canal Interocéanique, devait, pour l'emploi et la distribution de ses fonds, suivre des règles de comptabilité d'une certaine solennité, et absolument incompatibles avec l'élasticité qu'il est nécessaire de donner au chef d'une régie pour le paiement et les gratifications de ses agents.

Il fallait donc envisager la création d'une entreprise nouvelle et répondre aux conditions que j'ai définies plus haut.

Pour remplir, tout d'abord, la première condition, j'étais conduit tout naturellement à m'attacher à cette société nouvelle, à en faire partie intégrante pour assurer cette fois la réalisation des idées que je développerai dans une

autre partie de cet ouvrage et qui étaient, selon moi, absolument et complètement liées au succès des travaux dans cette partie de l'Isthme.

Pour satisfaire aux deuxième et troisième conditions, pour trouver les hommes de l'action, je songeai à faire appel à MM. Artigue et Sonderegger, qui, venus dès le début des travaux dans l'Isthme, au service de la Compagnie, avaient assumé en 1883, à titre d'entrepreneurs, l'exécution de la tranchée de Bohio Soldado.

Ces travaux d'une sérieuse importance avaient été conduits avec beaucoup d'intelligence et d'habileté et avaient permis à M. Sonderegger, de mettre en relief les brillantes qualités intellectuelles qui en font un ingénieur hors de pair, et à M. Artigue les qualités de logique, de persévérance, et d'intelligence administrative si précieuses pour la direction des travaux d'une grande entreprise.

En un mot, l'un et l'autre étaient issus de la sélection qui, dans l'Isthme, groupe ensemble le très petit nombre de ceux qui ont la bonne fortune de pouvoir y vivre sans déchoir ni au point de vue physique, ni au point de vue intellectuel, ni au point de vue moral, et la direction des travaux de la Culebra mise entre leurs mains devait être bien placée.

Les fréquents rapports administratifs que j'avais eus avec eux m'avaient permis d'apprécier leur haute valeur et m'avaient donné la plus grande confiance dans leur jugement et dans leur énergie, et persuadé qu'ils rempliraient admirablement bien les deuxième et troisième conditions dont j'ai parlé plus haut.

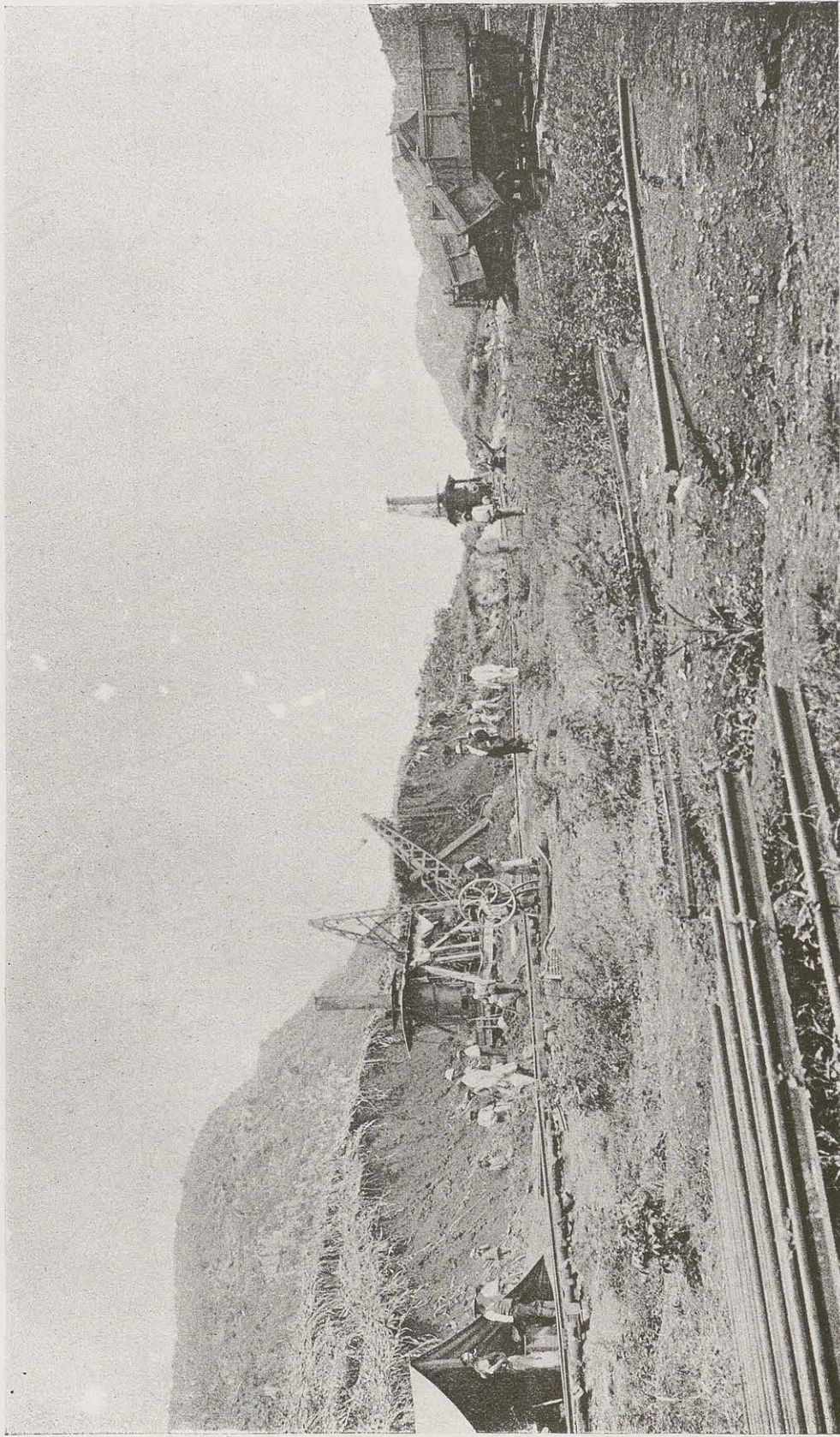
La question financière, la dernière à traiter, était aussi très délicate. La Culebra, avec ses difficultés que l'on disait insurmontables, n'apparaissait pas comme une affaire attrayante pour les capitaux, sans compter que les difficultés inhérentes à l'entreprise comportaient un risque qui se trouvait, en quelque sorte, multiplié par le péril tenant aux dangers financiers que courait la Compagnie à chacune de ses émissions d'obligations.

Dans le monde des affaires de Paris existait un homme qui avait en moi, plus qu'aucun homme au monde, une entière et absolue confiance; je ne lui cachai pas les côtés dangereux de l'entreprise, combien la période de préparation pouvait être prolongée avant que l'effet des méthodes nouvelles se fit jour et vint récompenser des efforts et des dépenses faites, des risques considérables courus. Je ne lui cachai pas, d'autre part, que, si les risques pouvaient se prolonger ou s'exagérer suivant certaines conditions extérieures qu'il n'appartenait point à l'homme de dominer, je demeurais profondément convaincu que les méthodes nouvelles finiraient par avoir définitivement raison de l'obstacle.

Il n'hésita pas à s'engager dans la périlleuse entreprise et la Société fut formée de M. Maurice Bunau-Varilla mon frère, et MM. Artigue et Sonderegger seulement, ma position d'Ingénieur de l'État ne me permettant pas d'entrer dans la combinaison elle-même.

La nouvelle Société, à laquelle je devins attaché comme Ingénieur en chef

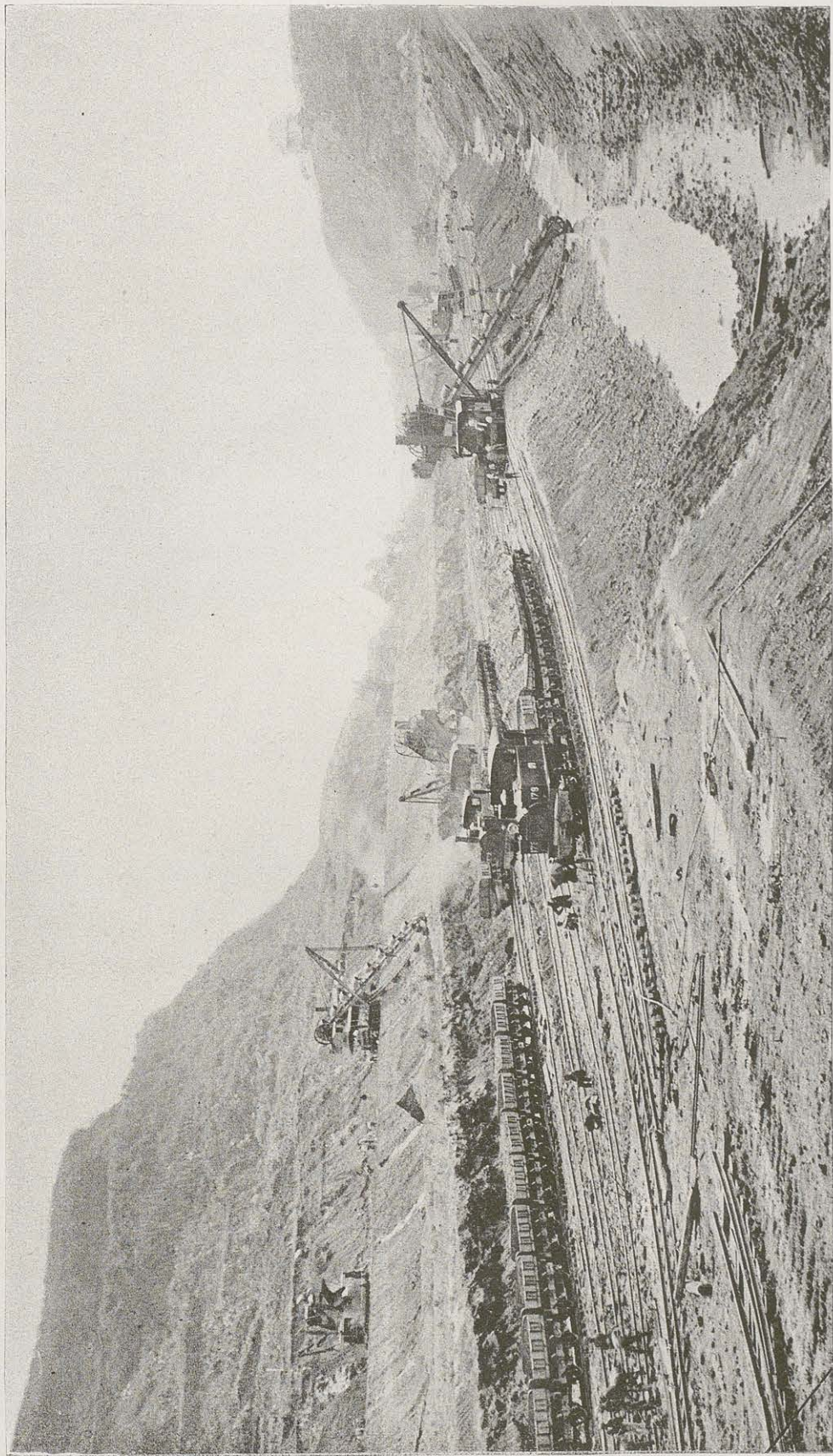
CANAL INTEROCCÉANIQUE DE PANAMA



Vue photographique des travaux de la Culebra en 1884. (PÉRIODE DES PETITES ENTREPRISES). — Cette vue est prise un peu à gauche de l'axe en regardant vers Panama et en avant du col. On voit se profiler sur le ciel, à gauche, le Cerro Culebra, reconnaissable à l'entaille qui brise la ligne de pente près de sa partie supérieure, et à droite on distingue le Petit Cerro qui émerge à peine au-dessus de la masse des terres. C'est entre ces deux cerros que passe la voie maritime.

Le matériel employé est un matériel américain qui avait été amené à la période précédente : celle de la Régie intéressée, mais il a dû être remplacé intégralement plus tard par du matériel français. On peut se rendre compte de la mauvaise qualité des terrains supérieurs, en remarquant la fente profonde qu'a produite dans le terrain la faible excavation réalisée par l'excavateur Osgood.

CANAL INTEROCÉANIQUE DE PANAMA



Vue photographique des travaux de la Culebra en 1888. (Société ARTIGUE, SONDEREGGER et C^{ie}). — Cette vue est prise à la même distance des cerros que la précédente, mais un peu à droite de l'axe. Grâce à l'excavation des terrains que représente la vue antérieure, le Cerro Culebra et le Petit Cerro émergent considérablement au-dessus du fond des plateformes de déblais. Le point où s'était placé l'observateur de la vue qui précède a disparu. S'il revenait sur la même verticale, il se trouverait au niveau du chantier qui occupe le premier plan à gauche, c'est-à-dire à une vingtaine de mètres en contre-bas de sa position première.

CANAL INTEROCÉANIQUE DE PANAMA

(TRAVAUX DE LA CULEBRA)

SCHEMAS des APPROFONDISSEMENTS successifs du MASSIF de LA CULEBRA dessinés sur le PROFIL en LONG du CANAL à NIVEAU

Échelles { des longueurs $\frac{1}{8,000}$ (0^m200 par kilomètre)
des hauteurs $\frac{1}{500}$ (0^m002 par mètre)

NOTICE EXPLICATIVE

On verra dans les développements relatifs à la tranchée de Culebra que les principales difficultés résidaient dans la nature ébouleuse et plastique des terrains supérieurs, et comment, par l'effet combiné des pluies et de la nature du sol, tout travail au gros matériel avait été chaque année, jusqu'à 1886 inclusivement, bouleversé dès la fin de la saison sèche.

On verra également plus loin par quels procédés et à la suite de quel travail la Société Artigue, Sonderegger et C^{ie} a pu, en 1887 et 1888, résoudre le problème resté ouvert, dégager les terrains ébouleux et entrer avec vigueur dans la voie de l'approfondissement et du creusement de la tranchée.

Comme l'approfondissement est le prix de la lutte contre les difficultés des terrains supérieurs, on peut mesurer la valeur des efforts faits pendant les deux premières périodes, en étudiant les approfondissements correspondants à chacune d'elles.

Pour cela, nous avons tracé sur le profil ci-contre la ligne des points les plus bas dans les emprises du Canal (1) à travers le col de Culebra avant tous travaux, c'est-à-dire fin 1882; puis, nous avons répété la même construction fin 1886 et fin 1888. On a obtenu ainsi les trois lignes qui limitent les parties hachurées du dessin.

La partie couverte des hachures simples représente l'abaissement obtenu après les quatre premières années de travail où ont été appliquées successivement la régie, la régie intéressée, les petites entreprises et la grande entreprise; la partie couverte par des hachures croisées représente l'abaissement réalisé en deux années de travail par la Société Artigue, Sonderegger et C^{ie}.

On peut ainsi, en considérant ces trois lignes, se rendre compte de la quantité dont les travaux se sont enfoncés, à l'intérieur du massif, pendant ces deux périodes.

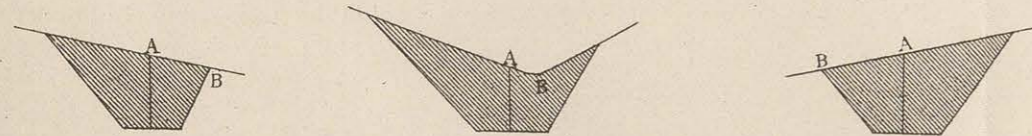
Si l'on veut en avoir l'expression arithmétique, il est facile de la calculer. En considérant comme massif proprement dit de la Culebra tout ce qui est au-dessus de l'origine de la haute plaine de l'Obispo, c'est-à-dire au-dessus du plan situé à 70 mètres en contre-haut du niveau moyen de la mer, on trouve que la ligne des dépressions maximum comprise entre le P.K. 53.980 et 55.300 a une altitude moyenne de 84^m81 au-dessus de la mer avant tous travaux.

A la fin de la première période de l'exécution, l'altitude moyenne de la nouvelle ligne de dépression maximum est ramenée à 81^m30, ce qui correspond à un abaissement total de 3^m51 en quatre années ou à un abaissement moyen annuel de 0^m88.

Ce simple chiffre suffit à justifier ce qui est dit au cours de cet ouvrage, à savoir qu'en 1886 les difficultés exceptionnelles des travaux de la Culebra permettaient de considérer ce problème comme équivalent à une réelle impossibilité malgré toutes les tentatives faites.

Après la constitution de la Société Artigue, Sonderegger et C^{ie} et, grâce aux travaux exécutés de janvier 1887 à décembre 1888 par cette Société, la ligne de dépression maximum a été descendue de l'altitude moyenne 81^m30 à l'altitude moyenne 71^m90, soit un abaissement de 9^m40 en deux années, ou encore une moyenne annuelle de 4^m70 par an, plus de cinq fois supérieure à la moyenne des quatre années précédentes.

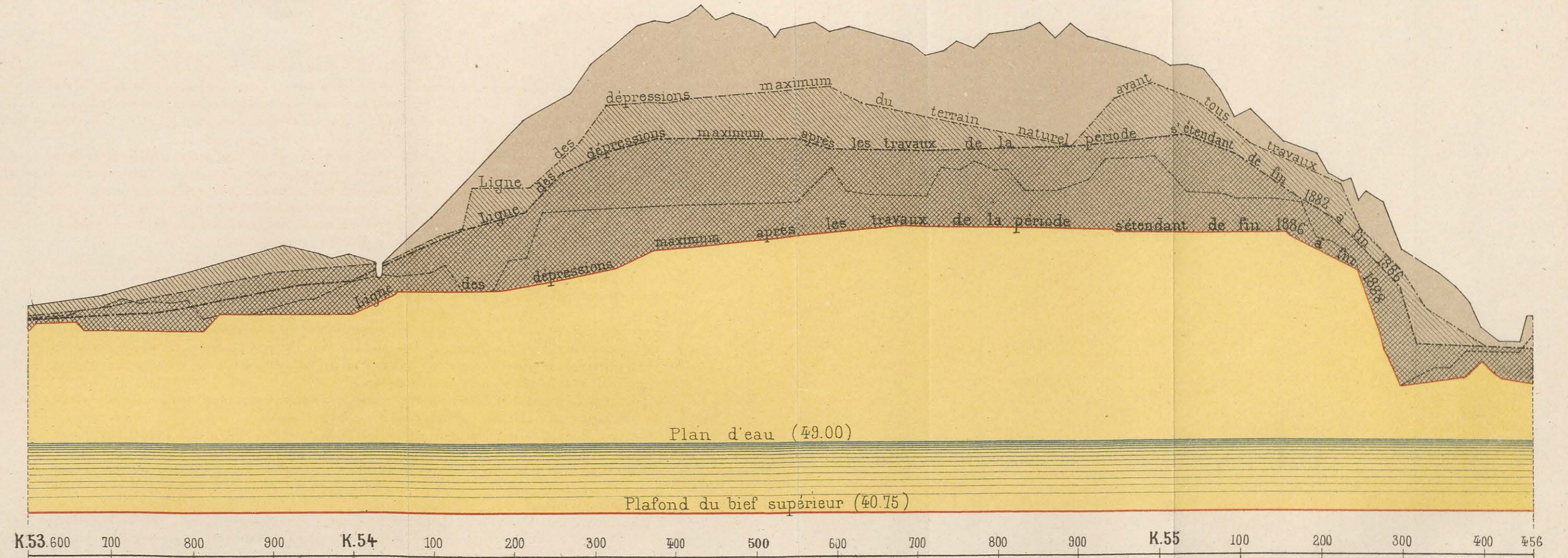
(1) Pour l'intelligence du dessin, il n'est pas superflu d'indiquer la signification précise de ses différents éléments. La ligne supérieure représente la coupe du terrain naturel par une série de droites verticales passant au milieu de la cuvette du Canal à niveau projeté. Cette ligne ne passe pas nécessairement par les points les plus bas du terrain compris dans l'intérieur des emprises de la tranchée. Si, en effet, on la coupe par des plans perpendiculaires à la direction générale du Canal, on obtient des figures telles que les suivantes :



La ligne des points A forme la trace du terrain naturel sur l'axe du Canal; la ligne des points B forme ce que nous avons appelé la ligne des dépressions maximum.

Légende

- Profil en long sur l'axe du Canal à niveau avant tout travail.
- - - Profil en long sur l'axe du Canal à écluses fin 1888.



Nota. — Les cotes des lignes du dessin se rapportant au terrain naturel, avant tous travaux, ont été extraites des documents imprimés par la Compagnie du Canal.

Les cotes relatives à la fin des travaux ont été extraites des profils en travers, levés de 20 mètres en 20 mètres, en vue d'établir la situation définitive des terrassements de la Culebra. Ces profils ont été dressés contradictoirement par M. Jacquier, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, délégué par M. le Liquidateur de la Compagnie et par M. Espanet, ingénieur, ancien élève de l'École Polytechnique, délégué par la Société Artigue, Sonderegger et C^{ie}.

directeur, fut agréée par la Compagnie avec la condition que je n'en abandonnerais point la direction, même si le Ministère des travaux publics ne renouvelait pas mon congé. Aucune difficulté ne surgit d'ailleurs de ce côté, l'Administration des travaux publics, à laquelle je soumis la situation, n'y éleva aucune objection.

Aux premiers jours de septembre 1886, j'étais de retour dans l'Isthme avec MM. Artigue et Sonderegger; l'attaque commençait de nouveau ardente et devait conduire, comme je l'expliquerai, à la solution complète et réelle de ce grand problème de travaux.

Je raconterai plus loin quelles furent les épisodes de la lutte; qu'il me suffise de dire que, de fin 1886 à fin 1888, la situation des travaux de la Culebra a subi une si manifeste et si éloquente modification que les détracteurs nés de l'œuvre de Panama, qui jusqu'en 1887 citaient toujours la Culebra comme l'obstacle infranchissable par excellence, ont dû se taire devant la manifestation éclatante de la vérité, et aujourd'hui l'on chercherait en vain, même dans les libelles les plus systématiquement diffamants, une allusion à l'ancien état de choses.

Ce résultat est sans doute, pour la plus grande partie, dû tant à l'intelligente et régulière administration de la Société à Paris, qu'à la direction vigoureuse, impulsive, croyante, que mes amis MM. Artigue et Sonderegger ont su imprimer aux travaux eux-mêmes. Je me contente, dans ce beau résultat, de la satisfaction d'avoir vu juste et vrai dans la question, d'avoir pensé la solution véritable et d'avoir contribué à la faire aboutir, d'avoir, en un mot, depuis le moment où je me suis séparé de la Direction des travaux de la Compagnie, pour figurer parmi les exécutants, fait une œuvre réelle, utile, tangible, qu'il ne m'eût pas été donné de réaliser si j'étais resté à la tête du service du contrôle.

Mais l'espèce de confinement dans lequel me tenait la direction technique de ces travaux absorbants ne m'empêchait pas de continuer à surveiller le moment où devait se faire l'inévitable évolution vers une forme de Canal plus simple, plus facile à réaliser, que le Canal à niveau.

Après avoir étudié avec constance, pendant le cours de mon premier séjour, tous les détails de cette œuvre immense, j'étais demeuré convaincu que la construction d'un Canal à niveau devait être considérée comme un but éloigné, mais non immédiat et que, quels que fussent les résultats que l'on pût attendre du matériel alors en cours de montage, il ne fallait pas espérer voir se renouveler les merveilles de Suez qui, d'une rigole incomplète, firent en peu d'années un canal reliant deux mers.

Malheureusement le souvenir des temps passés, la confiance inébranlable dans le côté simple de la conception du Canal à niveau, la conviction profondément enracinée, qu'à Panama, comme autrefois à Suez, après une préparation longue et pénible, le développement brusque des ressorts de l'industrie et du

génie de l'homme achèverait la tâche ardue, empêchèrent longtemps la Compagnie de découvrir la voie véritable.

Il fallait attendre, pour la convaincre, la mise en marche d'une partie du gros matériel pour que son administration se rendit compte qu'il y avait lieu de modifier la route et d'en suivre une nouvelle moins ample, moins grandiose au point de vue du but à atteindre, mais permettant d'arriver plus vite au transit universel sans perdre toutefois de vue l'objectif final.

Certes la vision de M. de Lesseps, la conception du Bosphore de Panama, est admirablement vraie et simple.

Pour qui a touché la puissante industrie, pour qui a mesuré la merveilleuse activité du grand peuple américain, il est certain que la voie navigable appelée à mettre en relation l'Asie et ce que l'on pourrait appeler toute la partie nouvelle du Nouveau Monde d'un côté, avec l'Europe et la partie ancienne du Nouveau Monde de l'autre, cette voie doit être finalement un chemin public de premier ordre.

Dans un temps plus ou moins éloigné, l'importance du trafic justifiera les dépenses les plus larges, pour lui faire donner ce que le commerce du monde exigera d'elle.

Mais s'il est certain pour tout homme doué de raison que l'avenir est là, il est non moins apparent qu'il est difficile de mesurer l'espace de temps qui nous sépare de l'époque où la forme définitive du passage "le Bosphore" sera devenue indispensable. Par conséquent, il est superflu de lui donner immédiatement et pour commencer cette forme magistrale.

Partant de cette considération, j'ai été amené à me demander s'il n'était pas possible d'imaginer une forme de Canal plus modeste que le Canal à niveau demandant aussi peu de temps et aussi peu d'argent que possible pour la construction, mais possédant cette qualité nécessaire de pouvoir facilement et économiquement, en cours d'exploitation et sans interrompre la circulation des navires, se transformer graduellement et d'une façon continue en Canal à niveau.

Cette conception équivalait, si l'on aime mieux, à celle d'un Canal à niveau en cours de construction et dont la disposition des chantiers permettrait la circulation des navires dans des proportions suffisantes pour le trafic universel.

Ces études aboutirent à la conception d'un projet de Canal à écluses provisoires que je soumis, à titre officieux, à l'administration de la Compagnie dans la première partie de 1887, après avoir appelé son attention sur l'absolue urgence de ce changement dans le plan général des travaux dès le début de la même année.

En même temps, j'avais étudié pour le Canal à écluses provisoires un type de porte d'écluse entièrement nouveau dont les dispositions générales étaient dictées par les nécessités spéciales présentées par le Canal à écluses projeté.

Je considérais et je considère encore que cette disposition est indispensable au bon fonctionnement du Canal à écluses de Panama et qu'il eût été, pour l'avenir, réellement déplorable qu'elles ne fussent pas adoptées.

Toutefois, au moment où ces projets furent présentés, je perçus, dès le premier abord, une résistance passive qui m'indiquait une sorte de regret de voir ce système éminemment nouveau et dont les avantages sont cependant bien évidents, ne s'appuyer que sur ma chétive autorité.

Je compris que cette froideur pourrait s'accroître jusqu'au point de priver l'œuvre de Panama d'un outil indispensable, à mon avis, et ne voulus pas que pour une misérable question de personnes il en fût ainsi.

Je donnai l'ordre de retirer le brevet pour lequel un office était en instance pour mon compte et je priai M. Eiffel, alors désigné pour l'exécution des écluses et qui avait d'ailleurs fait l'étude de la construction de mon type de portes, de le prendre, en y ajoutant les dispositions personnelles qu'il croirait convenables, afin d'éviter que le principe fût condamné s'il venait de moi.

M. Eiffel ajouta une idée nouvelle à ma porte d'écluse et la fit breveter.

Il fut, en outre, convenu entre nous que ce projet porterait le nom de projet Bunau-Varilla-Eiffel et qu'il serait, à l'époque qu'il me conviendrait, reconnu comme issu de travaux et d'études communes.

D'autres préoccupations, une certaine indifférence de ces sortes de questions, m'amena plus tard à ne pas insister sur ce souvenir.

J'eus donc à cette époque, à la fin de 1887, l'extrême satisfaction de voir la marche des travaux dirigée dans le sens qui me paraissait non seulement le plus convenable, mais le chemin indispensable et dont j'avais avec la plus vive insistance recommandé l'adoption.

Le tracé du Canal et la disposition d'écluses adoptés définitivement par la Compagnie ne différaient que sur des points de détails du système général que j'avais exposé au milieu de l'année 1887, ainsi que je l'ai dit plus haut. Je crois que ces modifications n'ont pas constitué d'améliorations bien sensibles, mais j'aurai l'occasion, au cours de cet ouvrage, d'entrer dans des détails circonstanciés, tant sur le projet mis à exécution que sur une modification nouvelle qu'il convient de lui faire subir pour lui donner de très remarquables qualités.

Une seule question restait à résoudre, pour permettre la mise en marche des travaux du Canal provisoire à écluses : le creusement rapide des fouilles d'écluses.

Ainsi qu'il est facile de le saisir, il suffisait d'une légère modification dans la direction à donner aux travaux entrepris sur la totalité de la longueur du Canal, pour obtenir que les installations préparées pour le creusement du Canal à niveau servissent à exécuter les excavations du Canal à écluses.

Le nouvel élément jeté dans l'ensemble de l'exécution était l'entreprise des écluses. Cette importante partie de la tâche était donnée à la maison Eiffel, à

laquelle sa réputation d'intelligence consommée, de hardiesse réfléchie et de haute honorabilité avait attiré la préférence.

Mais, si cette grande entreprise de constructions métalliques envisageait avec confiance le montage des portes d'écluses, des bajoyers et des ouvrages annexes dans le temps voulu, il n'en était pas de même pour l'excavation des écluses, laquelle comportait toute une série de données et de connaissances spéciales qui ne lui étaient pas familières.

En outre, ces chantiers étant parsemés dans l'Isthme, noyés au milieu des grandes entreprises, il semblait difficile d'y établir un intérêt et une direction distincts de celles-ci.

Mais d'autre part, l'exécution de ces fouilles d'écluses devait être menée avec une toute autre allure que les chantiers ordinaires. En effet, la limite de temps d'exécution que s'était imposée la Compagnie et qu'il était possible d'atteindre à partir de 1887 étant de trois ans et demi, tous les efforts devaient être concentrés pour terminer l'œuvre en trois ans.

Or, pour que le montage des fers et l'exécution des maçonneries pussent être exécutés en temps utile, il fallait que préalablement à la mise en train de ces travaux, les fouilles des écluses fussent préparées, c'est-à-dire leur excavation exécutée.

Le montage des fers et des maçonneries devant absorber un an et demi à deux ans il devenait nécessaire de terminer les fouilles en un an et demi, temps d'ailleurs requis pour effectuer la préparation des fers en Europe et la mise en marche des chantiers de montage.

Or, exécuter dans ces conditions les fouilles des écluses n'était pas en réalité autre chose que de parfaire en un an et demi au lieu de trois ans et demi l'excavation de certaines parties déterminées de la tranchée du Canal; ces parties présentaient en général plus de difficultés que la moyenne des excavations, car les emplacements des écluses avaient été naturellement choisis dans les parties les plus dures de l'Isthme, dans les monticules rocheux qui viennent de temps à autre couper le tracé.

Le terme de trois ans et demi donné pour l'achèvement des excavations à partir de 1888 était déjà restreint en lui-même, et il fallait réellement un effort absolument considérable pour réduire de plus de moitié le temps de l'exécution pour les parties considérées.

En présence des difficultés éventuelles que devait entraîner la livraison de ces fouilles, la Compagnie refusa de se rendre responsable de leur exécution vis-à-vis de l'entreprise des parties métalliques, l'entreprise Eiffel, et exigea que celle-ci se chargeât de la totalité du travail.

En face de la difficulté créée par une exigence aussi légitime de la part de la Compagnie, mais aussi grosse de lourdes responsabilités pour l'entreprise, M. Eiffel fut sur le point de rompre les négociations plutôt que d'accepter la charge d'un travail qu'il n'était pas certain de mener à bonne fin.

Il était logique de penser qu'il fallait chercher à obtenir des entreprises existantes qu'elles prissent charge de cette exécution, car elles se trouvaient tout organisées sur place pour se mettre immédiatement au travail sans perdre une minute; mais d'un autre côté, il fallait qu'en cas de refus, de mauvaise volonté ou d'incapacité, tout fût prêt pour reprendre le chantier sans désemparer et continuer en leurs lieu et place.

M. Eiffel prit le sentiment de quelques entreprises générales et leur opinion ne pencha ni vers la probabilité d'une exécution aussi rapide ni vers le désir de l'entreprendre.

Dans ces conditions, il ne restait plus qu'à imaginer une solution nouvelle.

Je songeai à former une Société d'exécution composée d'hommes rompus aux travaux de l'Isthme, à ses fatigues, à ses dangers, dont j'avais pu autrefois pleinement apprécier les capacités morales et techniques, et qui, comme MM. Artigue et Sonderegger pour la Culebra, pourraient assumer la responsabilité de l'exécution au cas où les entreprises générales refuseraient définitivement, ou bien dans le cas où l'une d'elles, après avoir accepté, faillirait à sa tâche.

Cette Société formée sur le modèle de celle de la Culebra et composée de M. Bunau-Varilla, mon frère, et de MM. Erzinger, Dephieux et Galtier, entra alors avec M. Eiffel dans la combinaison suivante :

Il était entendu que toutes les charges, droits et obligations afférents à l'exécution des fouilles, étaient intégralement transmis par M. Eiffel à la Société.

M. Eiffel ne gardait simplement qu'une part dans les bénéfices pouvant éventuellement revenir après l'exécution.

Il était entendu en outre que, s'il plaisait aux grandes entreprises d'accepter l'exécution des fouilles, elle leur serait réservée, la Société se bornant alors à contrôler l'exécution, mais que, soit en cas de refus, soit en cas de défaillance, la Société se saisirait des chantiers et sans aucune considération d'économie ou d'épargne, donnerait aux travaux, même aux prix des sacrifices les plus dispendieux, l'activité nécessaire pour livrer les fouilles exécutées en temps voulu.

L'ensemble des engagements souscrits au commencement de décembre, MM. Erzinger, Dephieux et Galtier arrivèrent à la fin de ce même mois à Colon et jetèrent dès le 1^{er} janvier les bases de leurs travaux.

Pendant leur voyage, des offres définitives furent faites aux grandes entreprises intéressées, mais aucune d'elles n'accepta les conditions de rapidité exceptionnelles prescrites, trouvant les prix mis à la disposition de l'entreprise insuffisants pour les dépenses qui devaient résulter de travaux ainsi forcés.

Il fut donc télégraphié dans l'Isthme de pourvoir immédiatement à l'exécution, et tout homme accoutumé aux travaux, aux lenteurs inhérentes à leur passage d'une Société à une autre, aux difficultés de la mise en marche d'un

plan nouveau avec un personnel qui reçoit ses premières instructions, comprendra de quelle façon la Société agissait, en apprenant que, vingt jours après l'arrivée des chefs de la nouvelle entreprise dans l'Isthme, les travaux commençaient dans presque toutes les écluses.

Tout ce qui put accélérer le travail : salaires élevés aux travailleurs, larges primes de production au personnel et promesses de récompenses en cas de réussite, travaux de nuit, tout fut employé pour accélérer les travaux.

Pour donner une idée de l'augmentation extraordinaire des dépenses de tous ordres en vue d'augmenter la rapidité, il me suffira de rappeler que la moyenne usuelle des dépenses de dynamite, nécessitée par les excavations de roches, était de 60 grammes par mètre cube dans l'Isthme et que la moyenne employée pour les travaux d'écluses ne monta pas à moins de 300 grammes.

Grâce à l'intelligente et puissante impulsion que MM. Erzinger, Dephieux, Gallier et C^{ie} ont donné à leurs chantiers, le *desideratum* recherché fut obtenu et le 1^{er} décembre 1888, au moment de la suspension des paiements de la Compagnie, après onze mois de travail, dont la période de préparation avait consommé une grande partie de la saison sèche, la meilleure de l'année, plus des deux tiers de l'œuvre totale étaient achevés et il restait, pour terminer le troisième, six mois sur lesquels quatre appartenant à la saison sèche, ce qui assurait très largement la définitive, complète et intégrale réalisation du plan adopté.

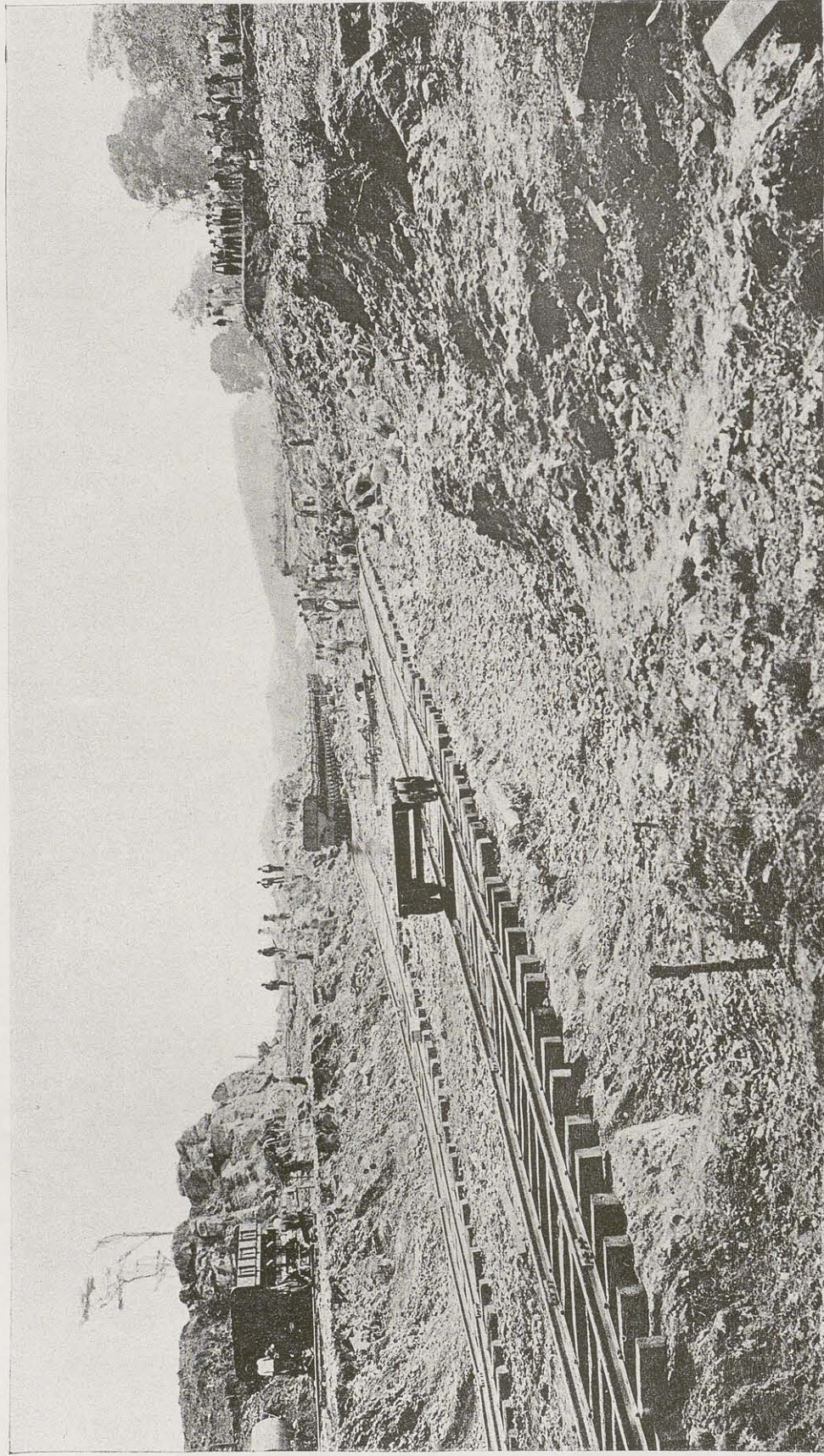
Il est très certain que le travail propre à la maison Eiffel aurait suivi du même pas rapide et précis, car le temps employé au creusement des fouilles, convenablement utilisé en Europe, avait permis l'acheminement vers l'Isthme des pièces métalliques qui devaient permettre le commencement du montage sur certains points, dès le début de 1889.

La fin désastreuse de 1888 vint stériliser tant d'efforts et annihiler tant de résultats, et il faut à jamais déplorer ce fatal événement qui a paralysé nos mouvements au moment où tout marchait dans la voie bonne et juste, dans la voie qu'avait montrée l'expérience, au moment où le but se rapprochait, où le chemin était connu et largement dégagé. Toutefois, ce n'est pas sans la profonde satisfaction du devoir accompli que je jette le regard en arrière sur les travaux auxquels je m'étais consacré sans arrière-pensée personnelle, sans m'être, pendant ces années de lutttes, laissé un instant troubler même par le légitime désir d'attacher mon nom aux solutions que m'avait dictées la connaissance des nécessités des lieux, des difficultés du climat et du sol.

Ces solutions sont délicates à saisir, elles ont échappé et échappent bien souvent même à des esprits réputés éclairés, et pourtant que l'on y prenne bien garde, si le désir de l'innovation, l'inconscience du péril couru, l'ignorance de l'Isthme, qui peut exister même chez de vieux agents du Canal, si tout cela fait aborder des déterminations qui ne soient pas en chaque point strictement adaptées à la nature des choses, que l'on y prenne garde, quelque difficile que puisse

CANAL INTEROCCÉANIQUE DE PANAMA

(TRAVAUX DES ÉCLUSES)



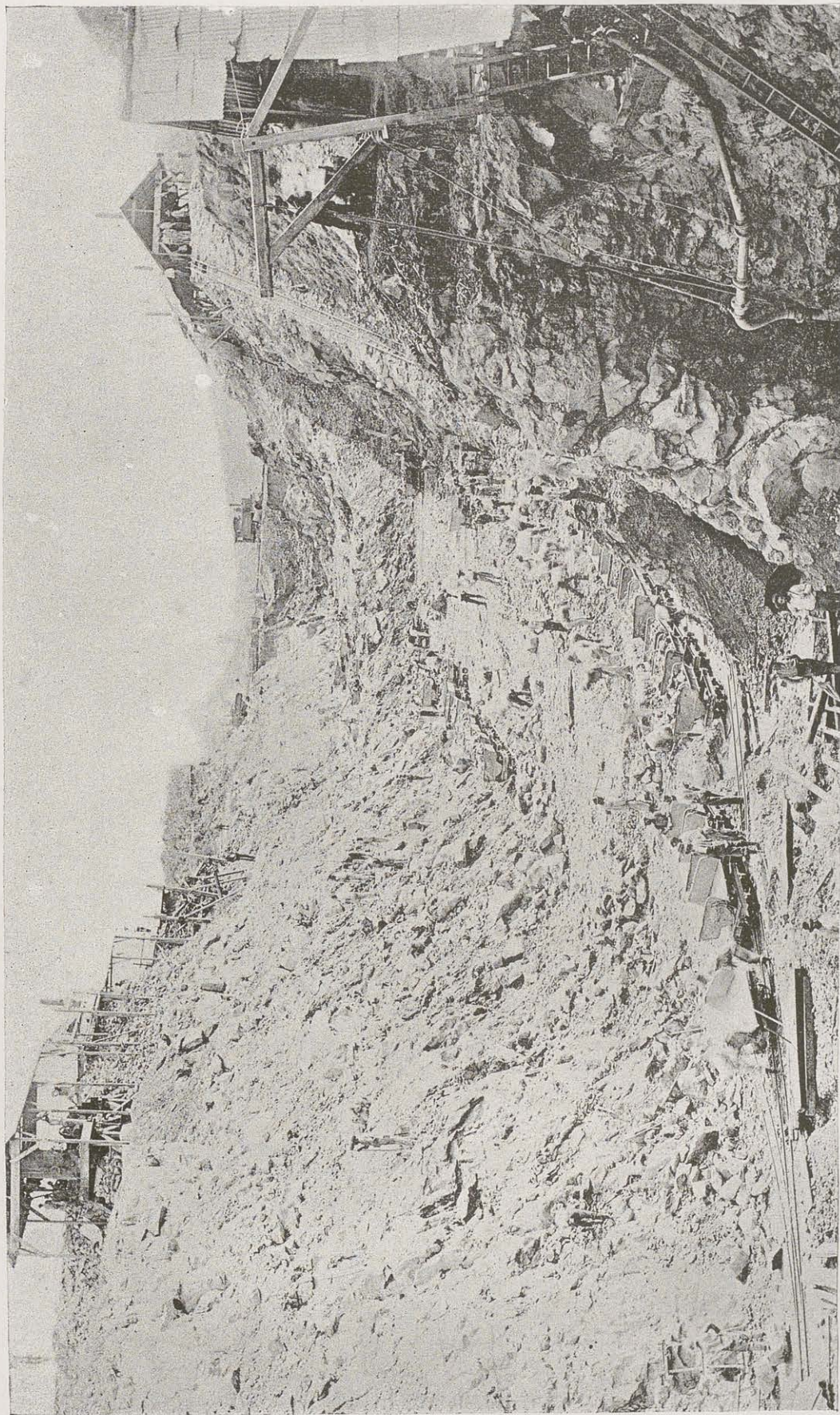
Société des Imprimeries Lemercier.

EMPLACEMENT DE L'ÉCLUSE N° 1 DITE DE PENA BLANCA OU DE BOHIO-SOLDADO

Vue photographique prise le 26 janvier 1888, au début des travaux de la Société Engländer, Debieux, Galtier et C^o (contrat Eiffel).

CANAL INTEROCÉANIQUE DE PANAMA

(TRAVAUX DES ÉCLUSES)



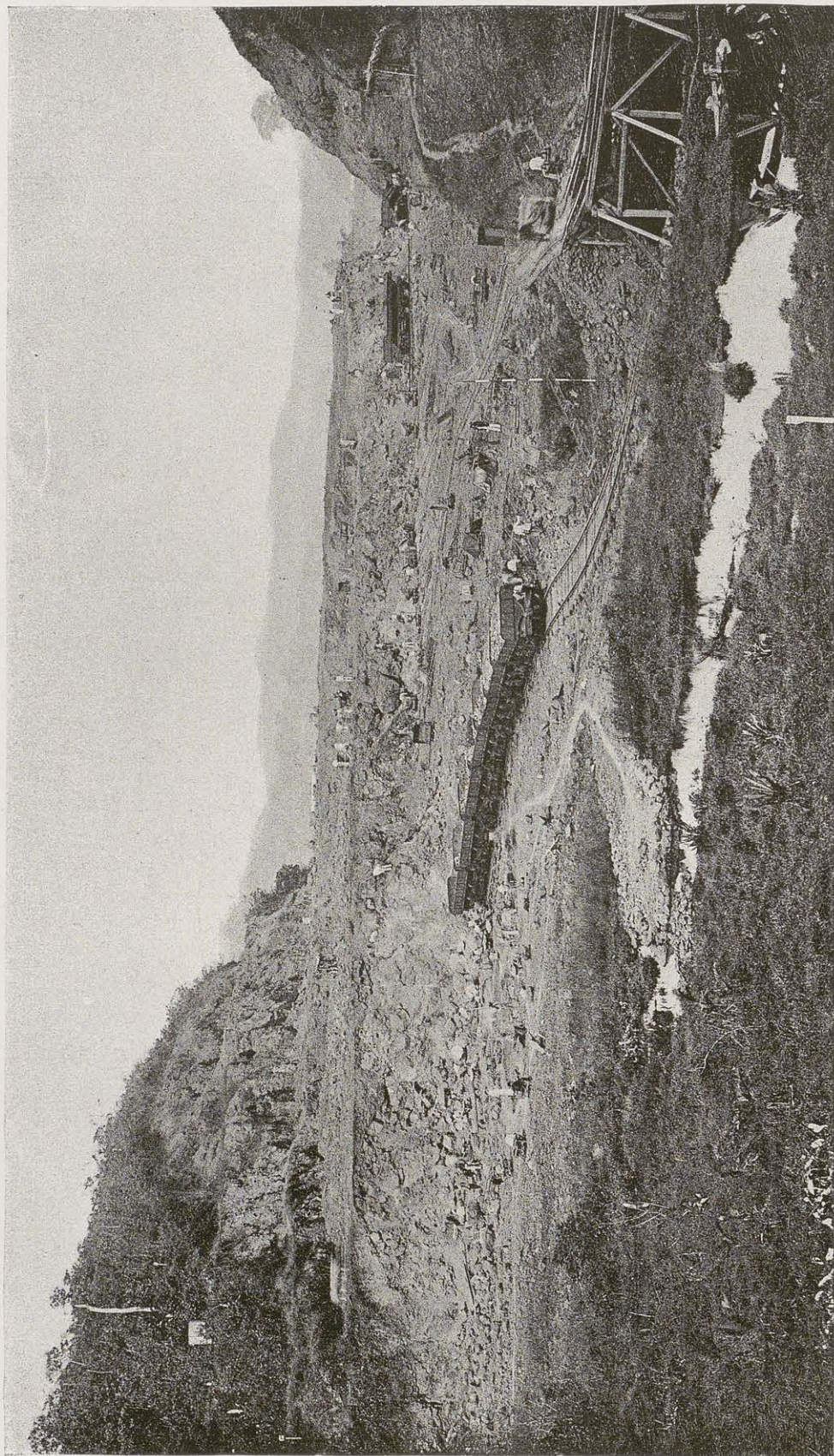
EMPLACEMENT DE L'ÉCLUSE N° 1 DITE DE PENA BLANCA OU DE BOHIO-SOLDADO

Vue photographique prise le 22 novembre 1888, soit moins de dix mois après l'entrée en possession des chantiers.

Typographe Lemercier.

CANAL INTEROCÉANIQUE DE PANAMA

(TRAVAUX DES ÉCLUSES)

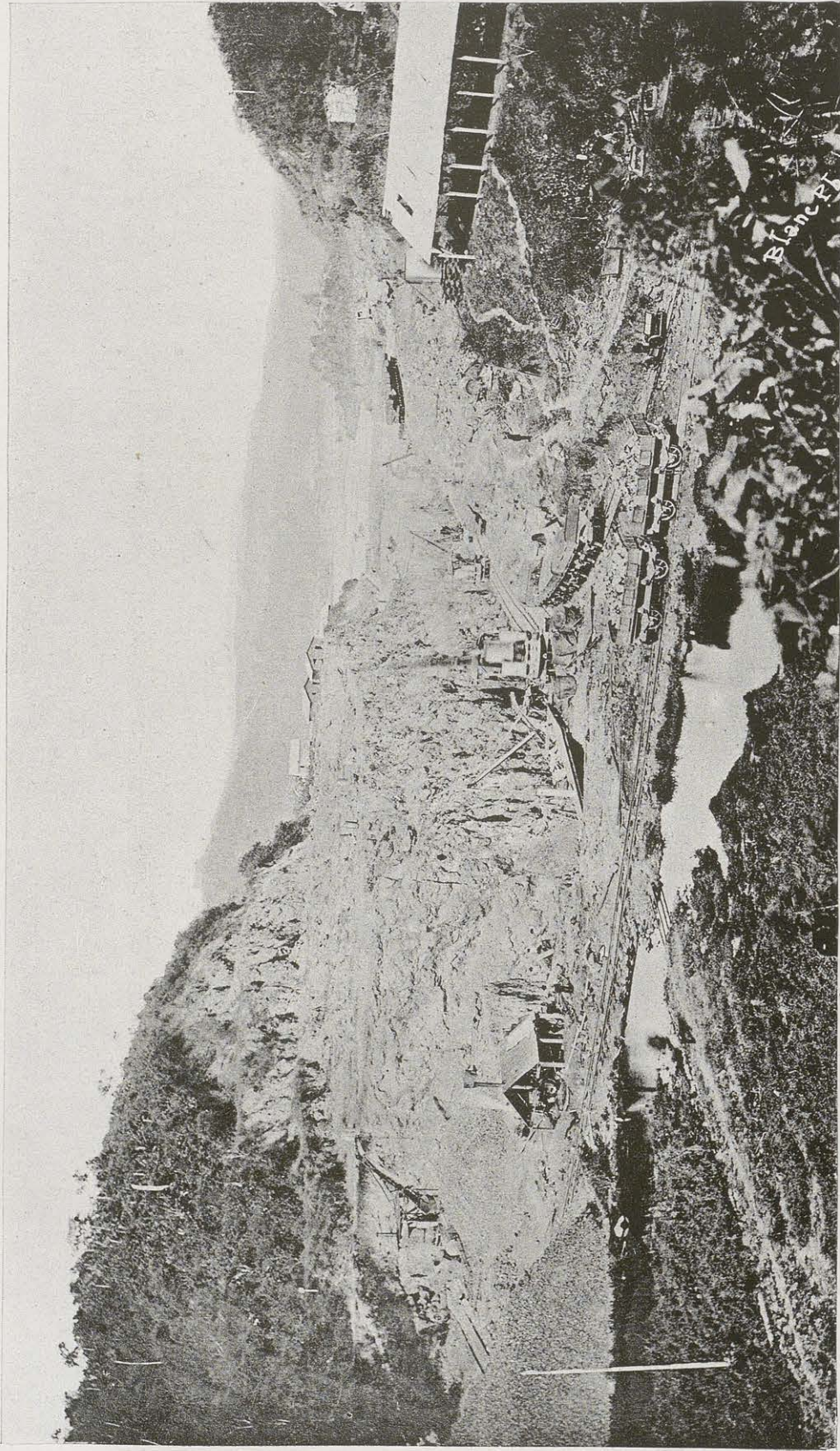


EMPLACEMENT DE L'ÉCLUSE N° 2 DITE DE SAN PABLO

Vue photographique prise le 27 janvier 1888, au début des travaux de la Société ERZINGER, DEBIEUX, GALTIER et C^o (contrat Eiffel).

CANAL INTEROcéANIQUE DE PANAMA

(TRAVAUX DES ÉCLUSES)

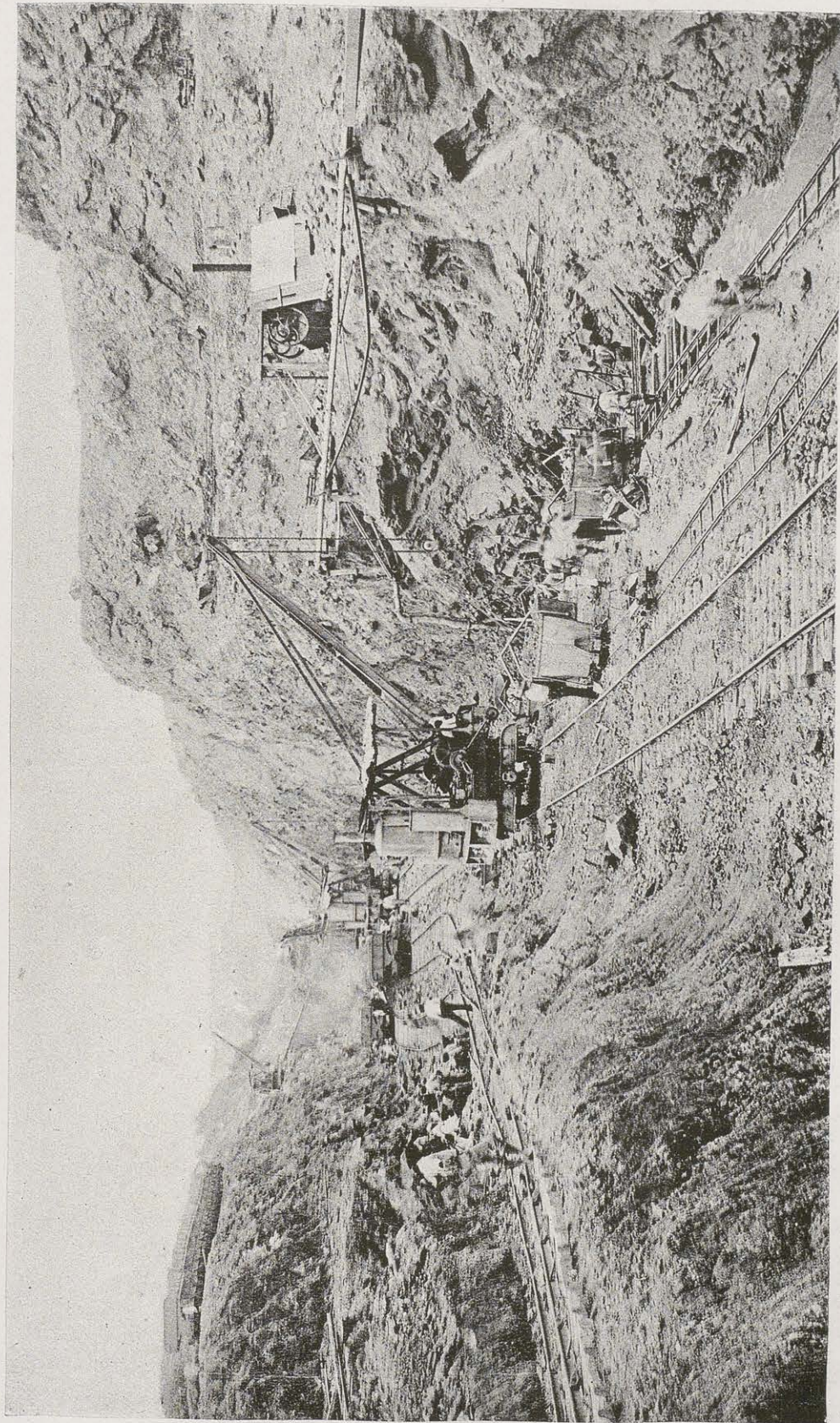


EMPLACEMENT DE L'ÉCLUSE N° 2 DITE DE SAN PABLO

Vue photographique prise le 26 novembre 1888, soit dix mois après l'entrée en possession des chantiers.

CANAL INTEROCCÉANIQUE DE PANAMA

(TRAVAUX DES ÉCLUSES)

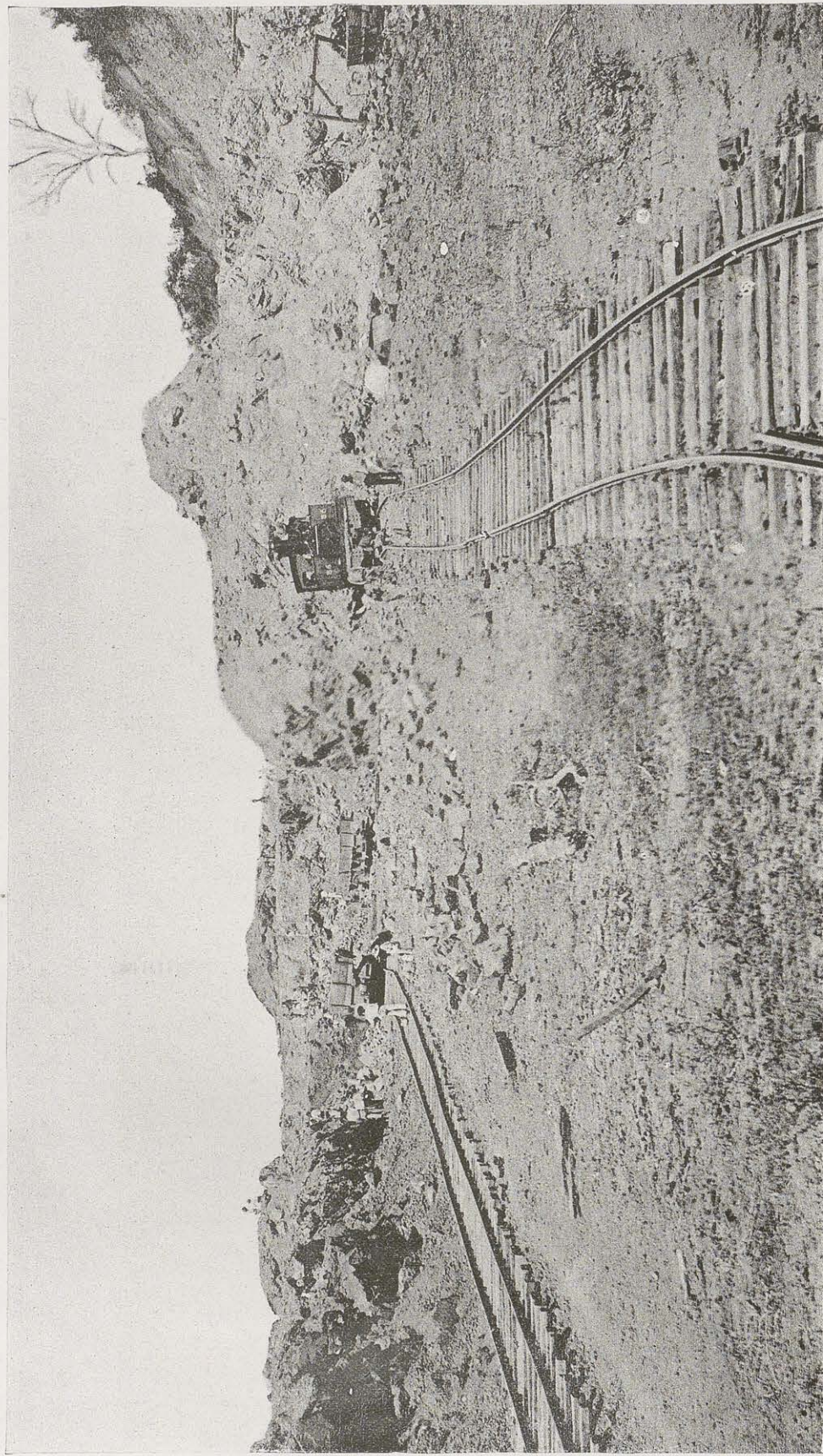


EMPLACEMENT DE L'ÉCLUSE N° 2 DITE DE SAN PABLO.

Vue photographique prise le 26 novembre 1888, dans l'intérieur de la tranchée.

CANAL INTEROCÉANIQUE DE PANAMA

(TRAVAUX DES ÉCLUSES)



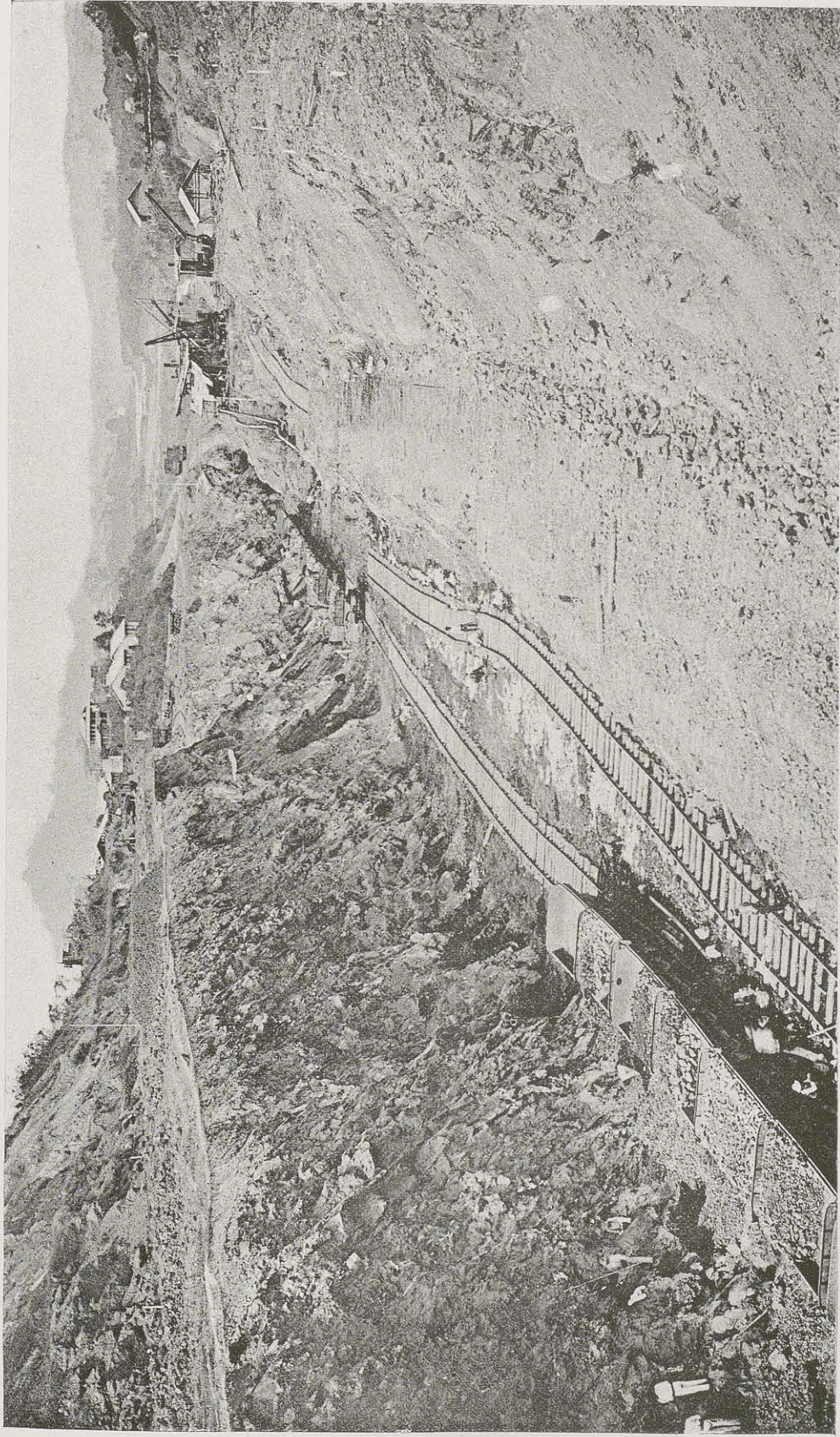
Société des Imprimeries Lemercier.

EMPLACEMENT DE L'ÉCLUSE N° 3 DITE DE MATACHIN.

Vue photographique prise le 25 janvier 1888, au début des travaux de la Société ERZINGER, DEPHIEUX, GALTIER et C^{ie} (contrat Eiffel).

CANAL INTEROCEANIQUE DE PANAMA

(TRAVAUX DES ÉCLUSES)

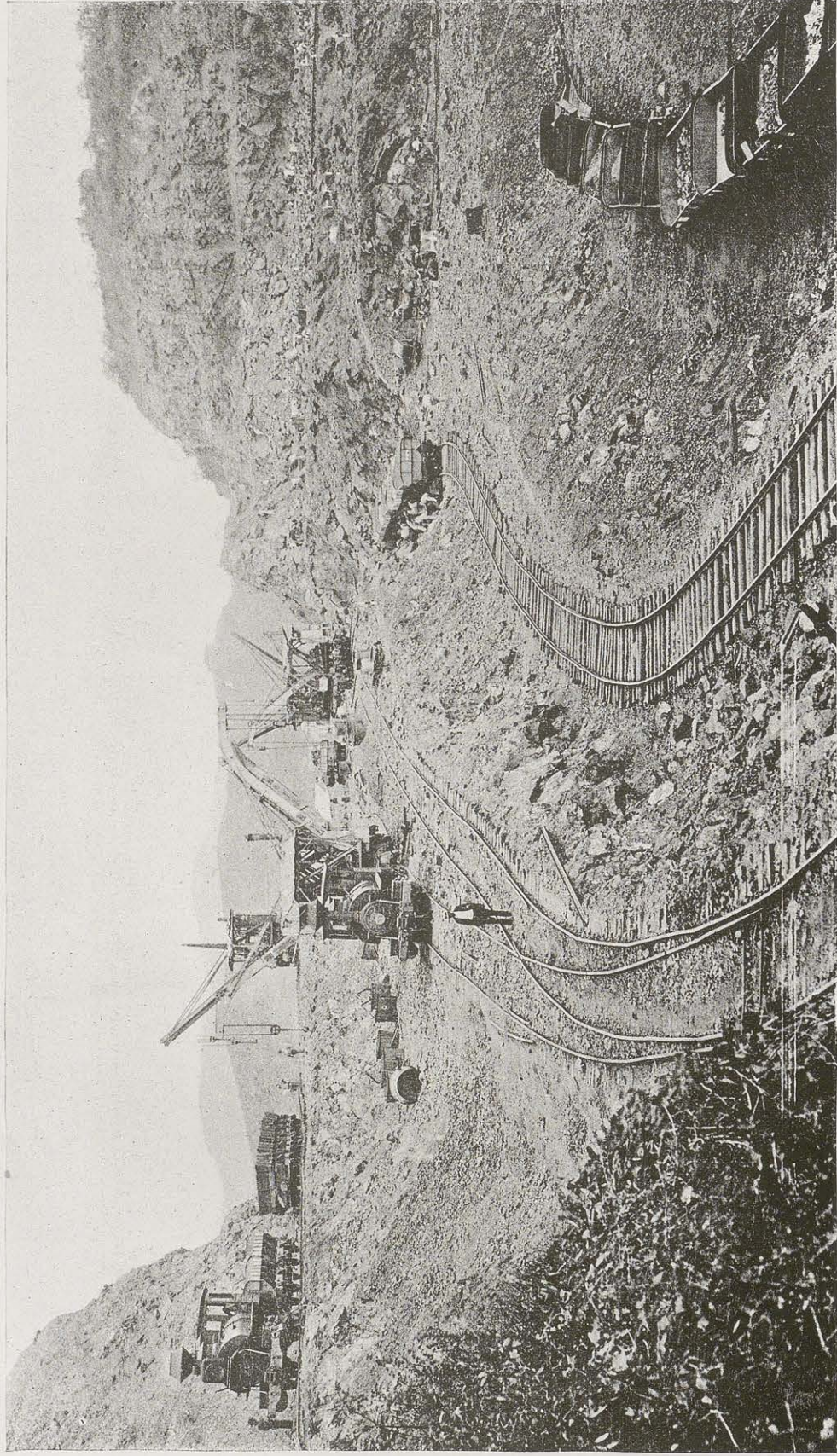


EMPLACEMENT DE L'ÉCLUSE N° 3 DITE DE MATACHIN.

Vue photographique prise le 27 novembre 1888, soit dix mois après l'entrée en possession des chantiers.

CANAL INTEROCÉANIQUE DE PANAMA

(TRAVAUX DES ÉCLUSES)



Typographie Lemercier.

EMPLACEMENT DE L'ÉCLUSE N° 4 DITE DE LA CORROZITA OU DE BAS OBISPO

Vue photographique prise le 20 janvier 1888, au début de la Société ERZINGER, DEPIEUX et Cie (contrat Eiffel).

CANAL INTEROCCÉANIQUE DE PANAMA

(TRAVAUX DES ÉCLUSES)

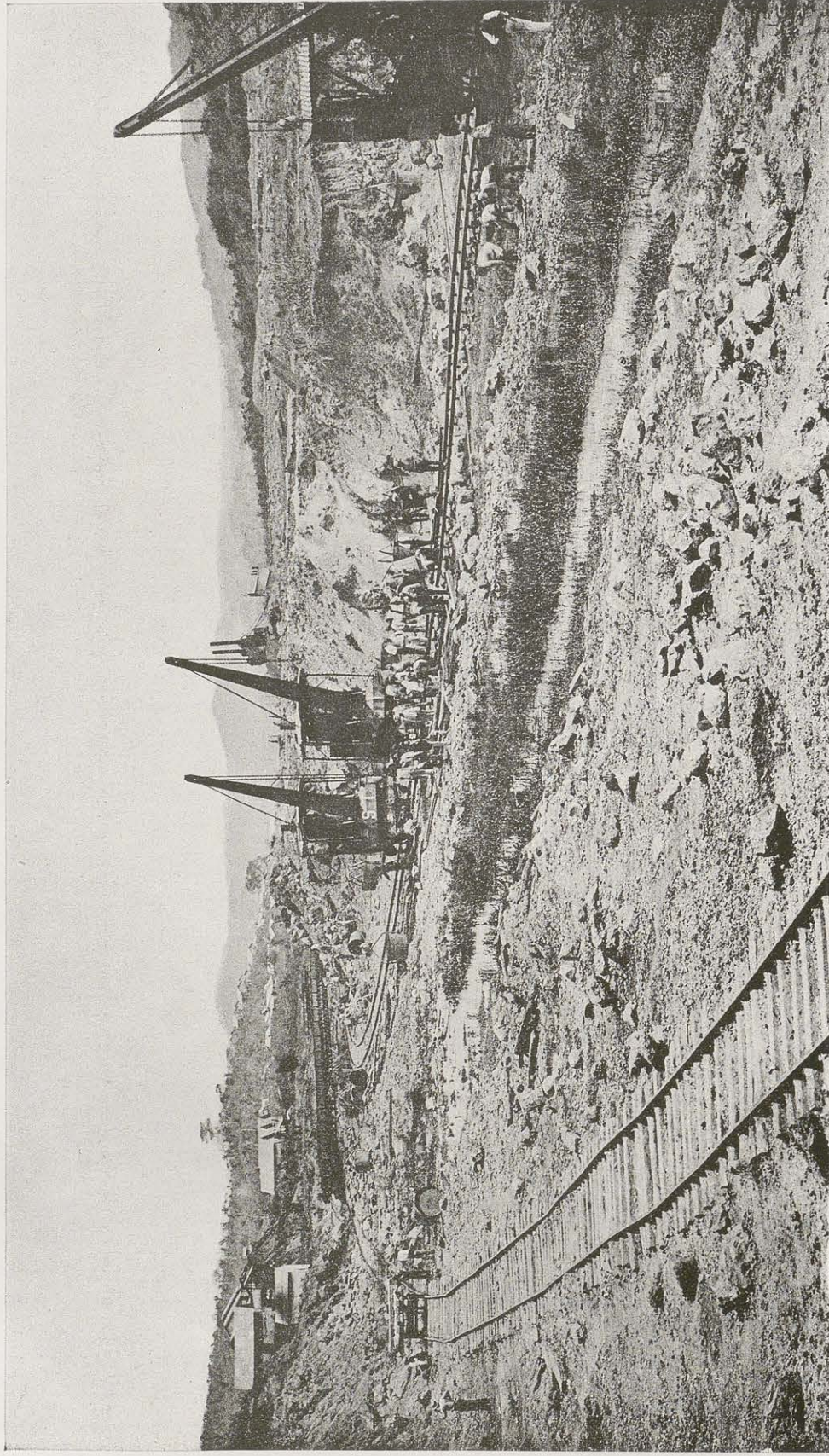


EMPLACEMENT DE L'ÉCLUSE N° 4 DITE DE LA CORROZITA OU DE BAS OBISPO

Vue photographique prise le 7 novembre 1888, soit huit mois et demi après la prise de possession des chantiers.

CANAL INTEROCÉANIQUE DE PANAMA

(TRAVAUX DES ÉCLUSES)

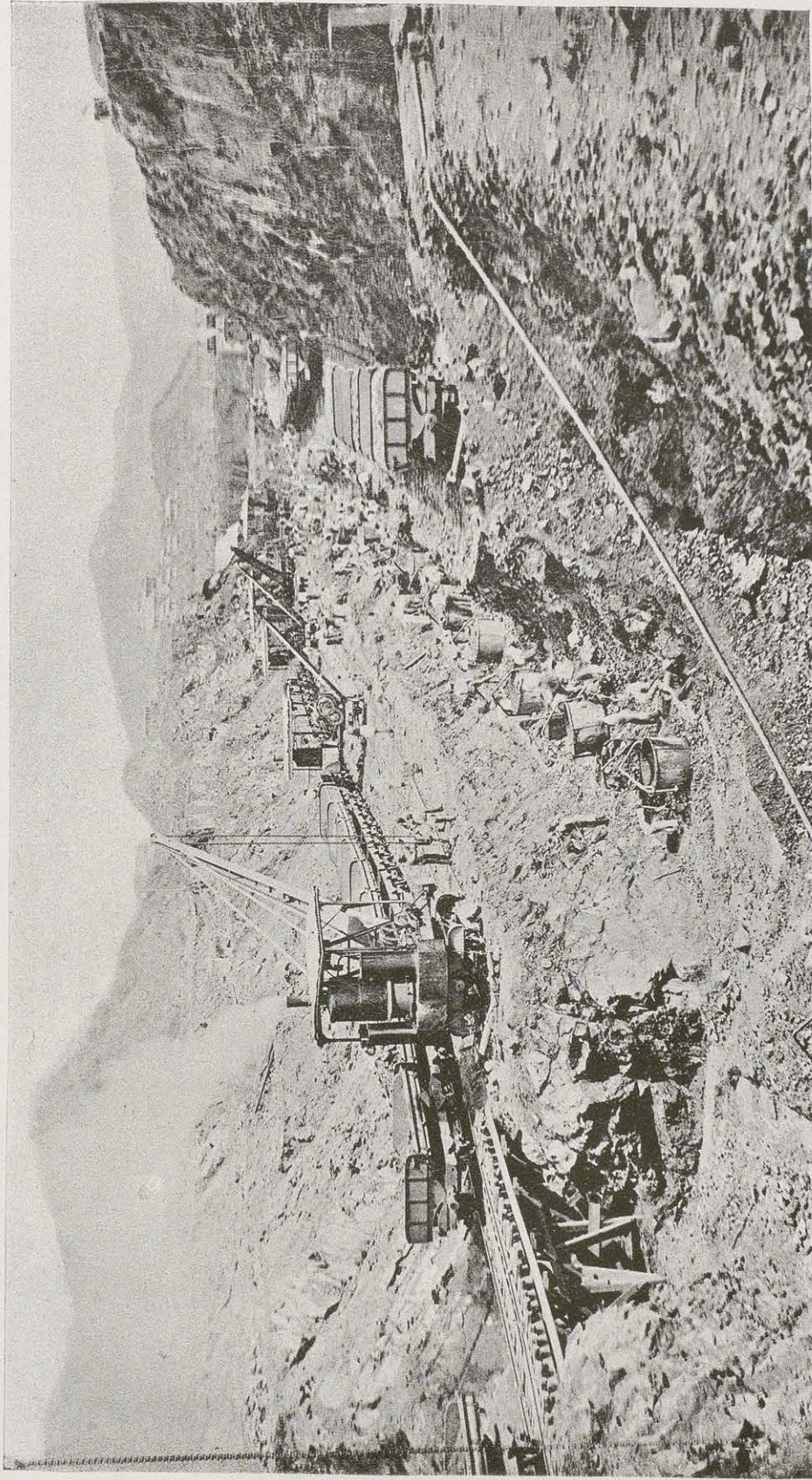


EMPLACEMENT DE L'ÉCLUSE N° 3 DITE D'EMPERADOR

Vue photographique prise le 10 avril 1888, au début des travaux de la Société ERZINGER, DEPHEUX, GALTIER et C^{ie} (contrat Eiffel).
Les travaux ont commencé dans cette écluse environ deux mois et demi après les autres, en raison des difficultés soulevées par sa livraison entre la Compagnie du Canal et la Société concessionnaire du lot de terrassements où elle se trouvait.

CANAL INTEROCCÉANIQUE DE PANAMA

(TRAVAUX DES ÉCLUSES)



EMPLACEMENT DE L'ÉCLUSE N° 3 DITE D'EMPERADOR.

Vue photographique prise le 6 novembre 1888, soit sept mois après l'entrée en possession des chantiers.

Cette vue clôt la série des écluses du versant Atlantique; celles du versant Pacifique entamées en même temps et poussées avec la même activité présentent une relation identique entre l'état du terrain au début et à la fin des travaux. Il a paru superflu d'en reproduire les vues. Elles établissent, comme celles-ci, que, si après dix mois de travail dont six de saison humide, les excavations avaient avancé dans les conditions que nous voyons, il est hors de doute que sept mois supplémentaires, dont quatre de saison sèche, eussent suffi à parfaire toutes les fouilles d'écluses et qu'elles eussent été entièrement complétées en juillet 1889, date arrêtée pour l'exécution de ce travail préliminaire, et qui laissait deux ans pleins à M. Eiffel pour exécuter les maçonneries et monter les fers de la structure simultanément aux fouilles et approvisionnés dans l'Isthme.

CANAL INTEROCÉANIQUE DE PANAMA

(TRAVAUX DES ÉCLUSES)

SCHEMAS des APPROFONDISSEMENTS successifs
du TERRAIN aux EMBLEMES des ÉCLUSES
dessinés sur le PROFIL en LONG du CANAL

Échelles $\left\{ \begin{array}{l} \text{des longueurs } \frac{1}{5000} \text{ (0}^m\text{500 par kilomètre)} \\ \text{des hauteurs } \frac{1}{500} \text{ (0}^m\text{002 par mètre)} \end{array} \right.$

NOTICE EXPLICATIVE

Sur les profils en long des emplacements de chacune des dix écluses prévues au projet de la compagnie, nous avons exécuté pour chaque écluse un schéma analogue à celui déjà fourni pour la Culebra.

Ici, toutefois, les lignes de dépression maximum, soit avant tous travaux, soit au début de la Société Erzinger, Dephieux, Galtier et C^{ie}, se confondent en général avec les profils du terrain sur l'axe du canal. Aussi n'avons-nous eu à tracer les lignes de dépression maximum ou des plus basses cunettes qu'à la fin des travaux de la Société Erzinger, Dephieux, Galtier et C^{ie}, et encore dans plusieurs cas ces lignes se trouvent précisément sur l'axe, en raison de la faible largeur des tranchées.

Dans chaque dessin, la partie couverte de hachures simples, représente la quantité dont l'excavation s'est enfoncée dans l'intérieur du terrain pendant une période moyenne de plus de quatre années (1884-1887); la partie couverte par des hachures croisées représente la quantité dont l'excavation s'est enfoncée dans le terrain pendant la deuxième période qui n'a pas duré une année (janvier à décembre 1888).

Un simple coup d'œil sur l'ensemble de ces schémas donnera au lecteur le moins exercé la notion de l'activité relative des deux périodes, s'il se souvient que pour chaque écluse la seconde période, celle qui donne les approfondissements moyens les plus considérables, a été quatre fois et demie plus courte que l'autre. Il ne faut pas oublier non plus que les travaux s'exécutaient dans des conditions autrement difficiles dans la deuxième période. Les déblais extraits devaient être remontés avec des treuils et des grues du fond de ces vastes puits; il fallait en outre extraire à l'aide de pompes les eaux d'infiltration, toutes choses que n'avaient pas connu les premiers exécutants.

Le problème posé à la Société Erzinger, Dephieux, Galtier et C^{ie}, ne comportait pas comme à la Culebra la solution de questions techniques d'une exceptionnelle gravité, mais il n'était pas exempt de très grandes difficultés.

C'était en quelque sorte un problème de vitesse. Il fallait creuser en 18 mois les sas des dix écluses, pour permettre, pendant ce même laps de temps, à la maison Eiffel, d'approvisionner sur place le matériel des chantiers de montage des fers, le matériel nécessaire aux chantiers de bétonnage, enfin les fers des portes et les ciments eux-mêmes.

La difficulté était considérable, car il fallait mener de front dix chantiers importants avec une accélération de mouvement inconnue jusqu'alors dans l'Isthme. On voit par les dessins ci-contre, en comparant ce qui a été fait avant elle à ce qui a été fait par elle, que la Société Erzinger, Dephieux, Galtier et C^{ie} avait assumé une tâche bien lourde, mais qu'elle a pleinement remplie, grâce à la haute valeur personnelle de chacun des directeurs de la Société, à leur connaissance approfondie des choses de l'Isthme, enfin aux sentiments élevés avec lesquels ils ont su comprendre la grandeur de leurs responsabilités et pourvoir aux moyens d'y satisfaire.

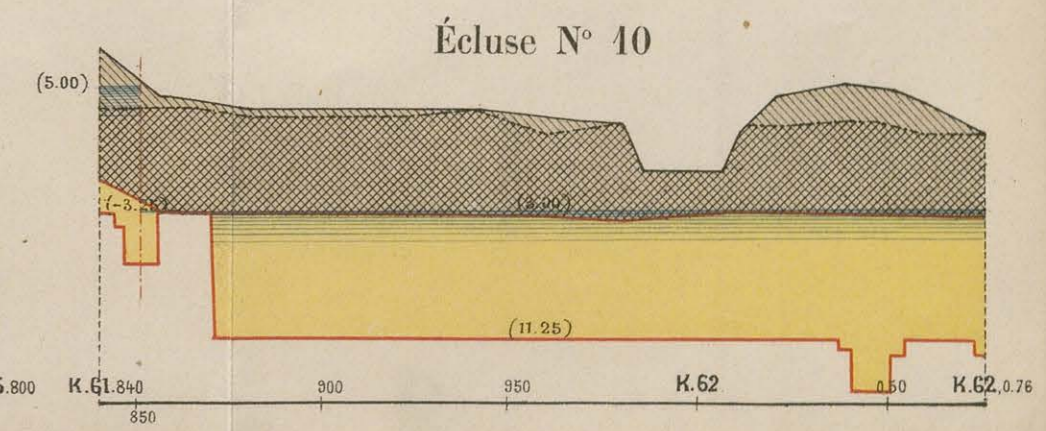
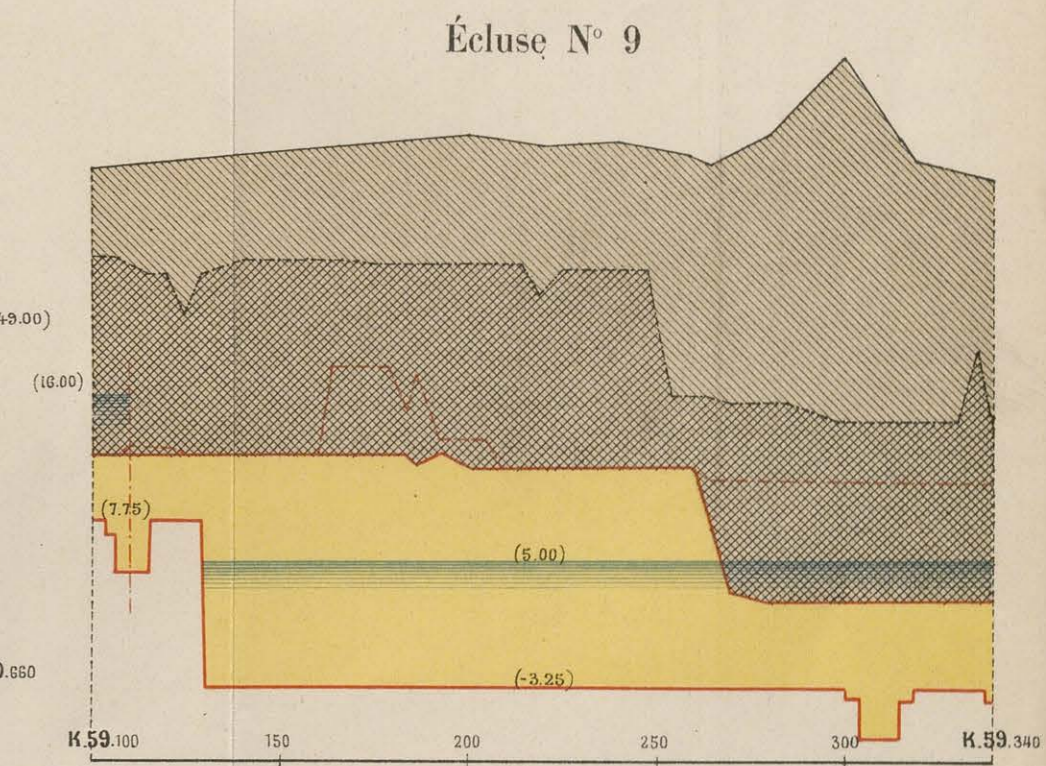
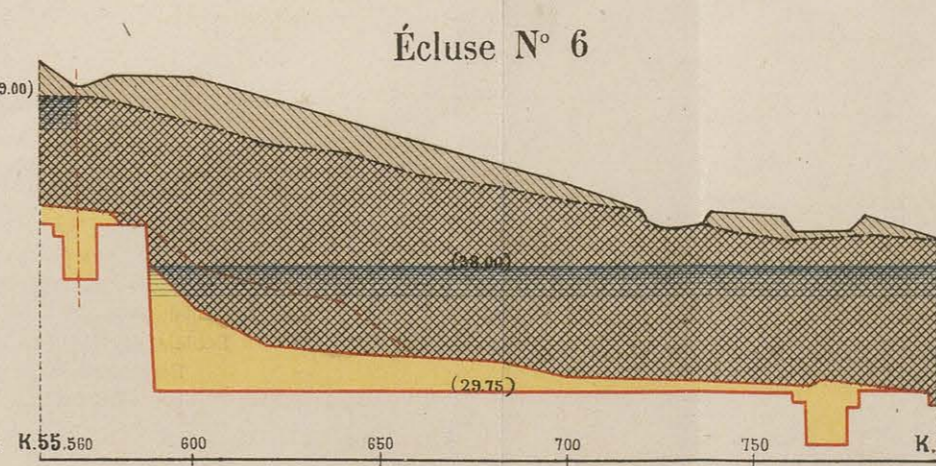
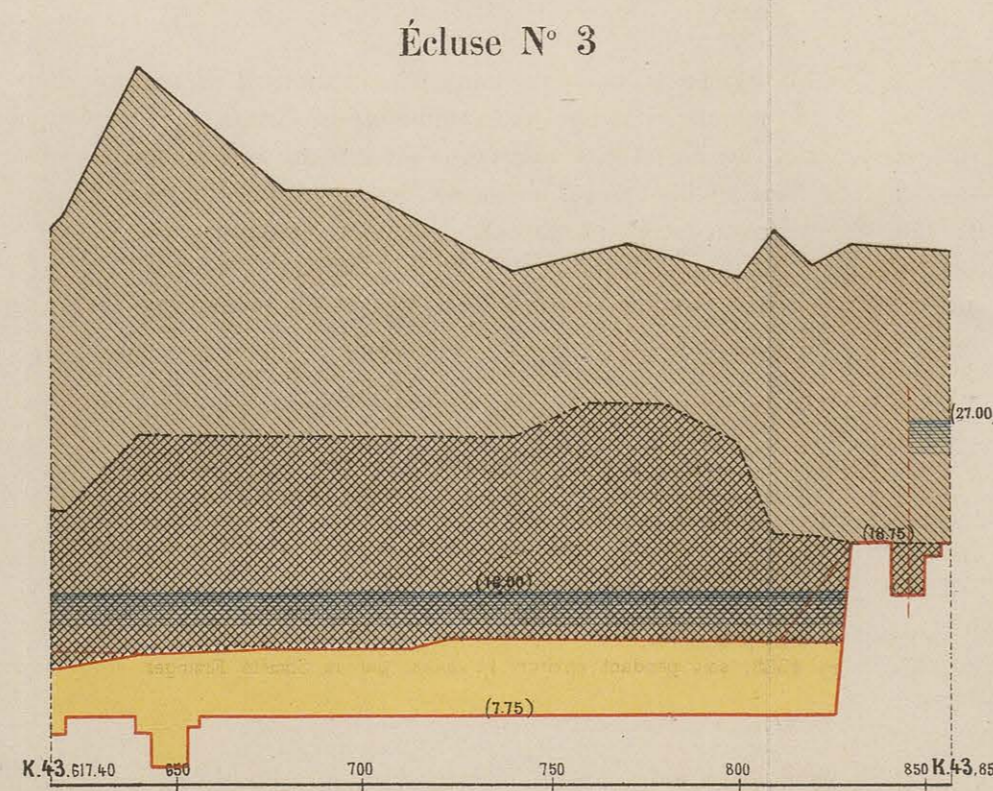
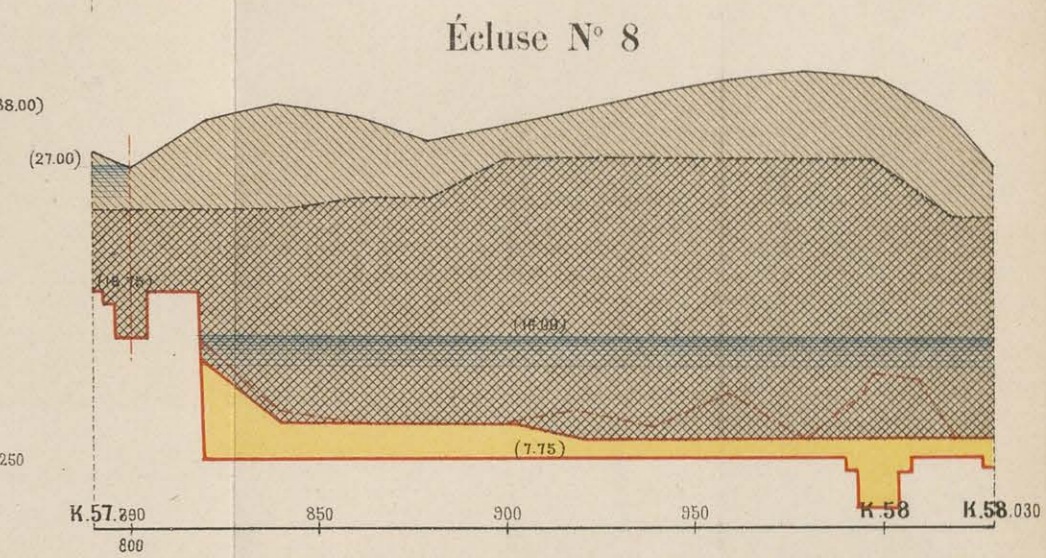
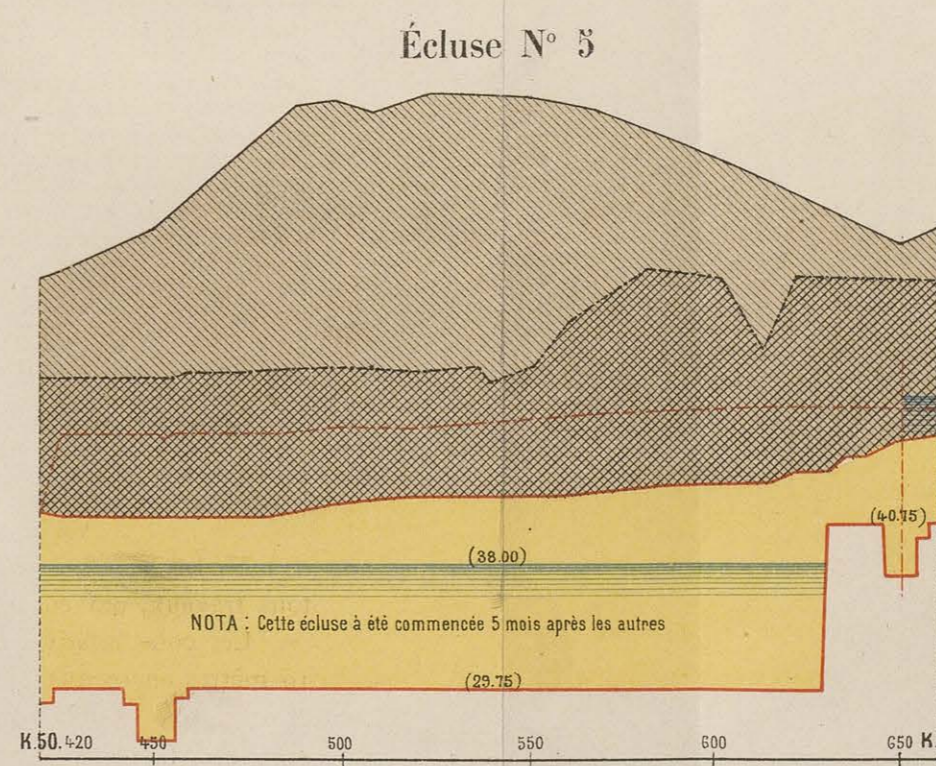
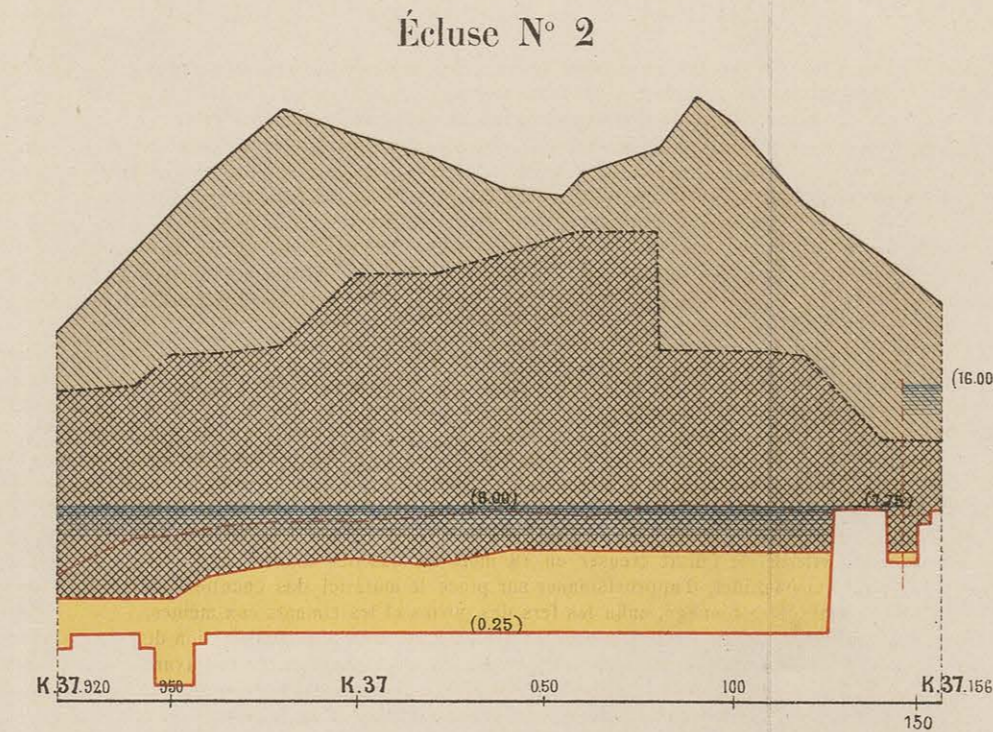
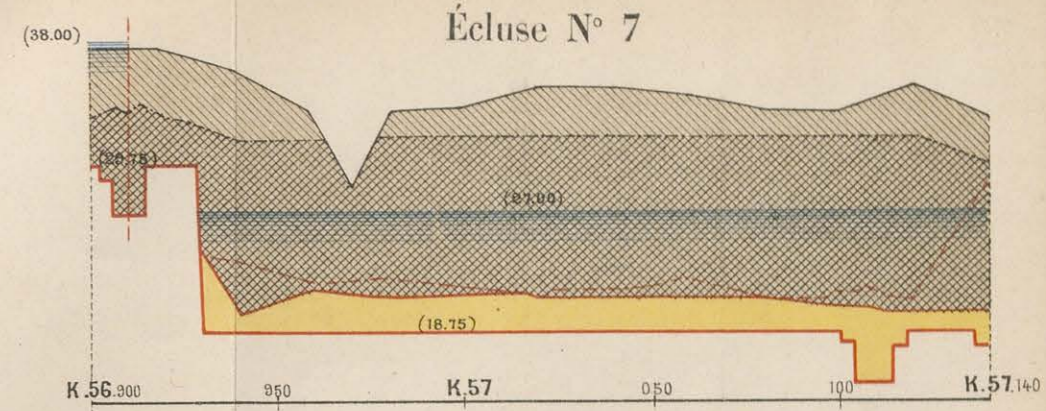
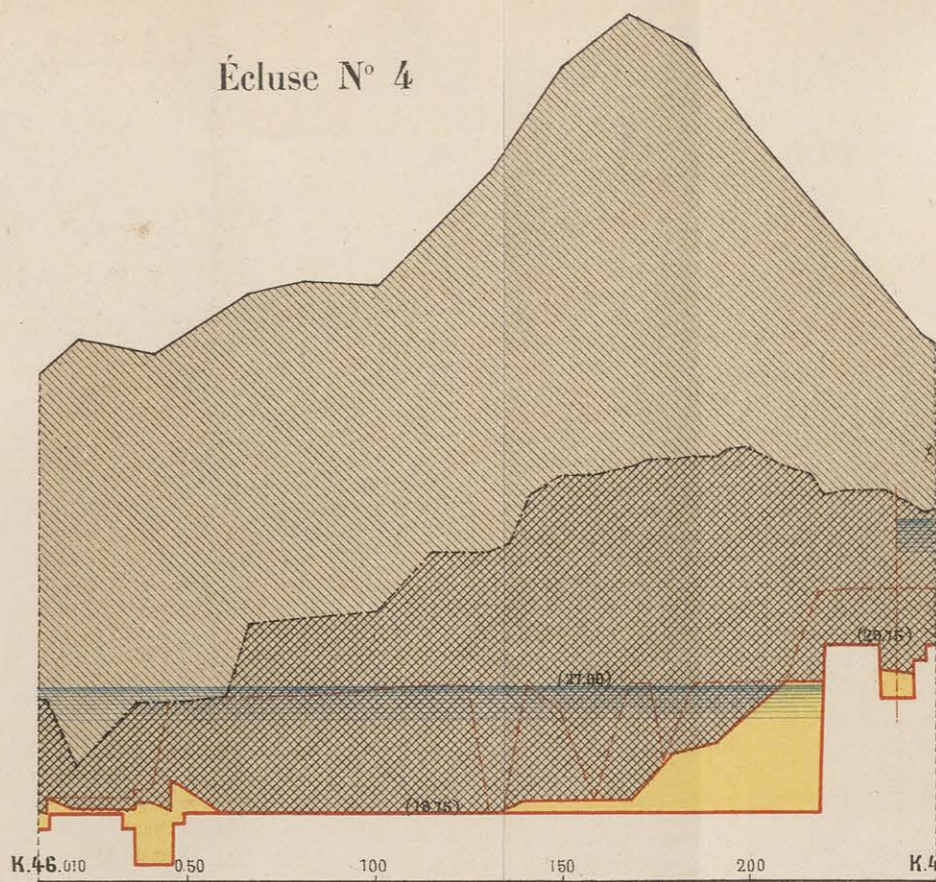
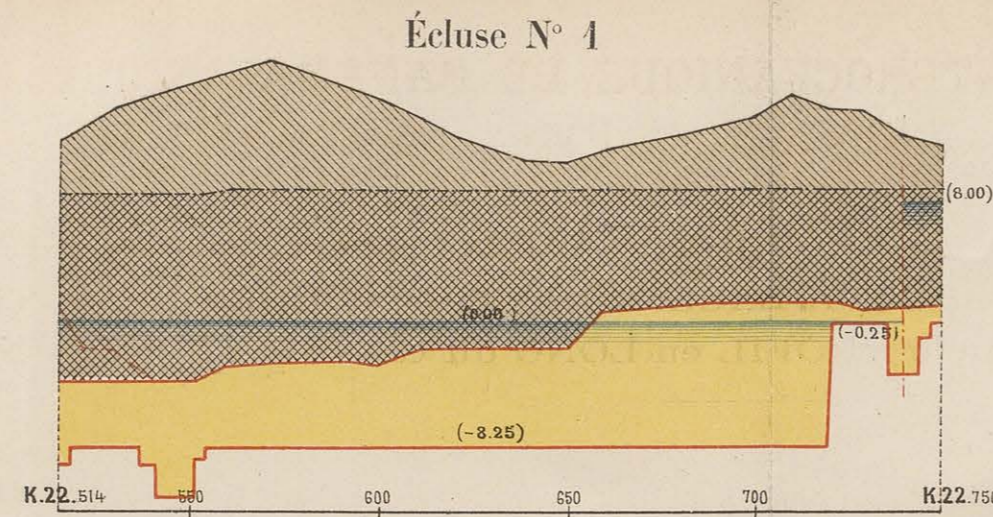
À la tête du personnel plein de vigueur, d'énergie et de volonté, qui a si remarquablement enlevé cette difficile position, était placé M. Arsène Lefèvre, ingénieur de la plus haute valeur, tant au point de vue technique qu'au point de vue moral.

Nota. — Les cotes des lignes du dessin se rapportant au terrain naturel, avant tous travaux, ont été extraites des documents imprimés par la Compagnie du Canal.

Les cotes relatives à la fin des travaux ont été extraites des profils en travers levés de 10 mètres en 10 mètres environ, en vue d'établir la situation définitive des terrassements des écluses. Ces profils ont été dressés contradictoirement par M. Jacquier, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, délégué par M. le Liquidateur de la Compagnie et par M. Arsène Lefèvre, ingénieur, ancien élève de l'École Centrale des Arts et Manufactures, délégué par la Société Erzinger, Dephieux, Galtier et C^{ie}.

LÉGENDE

- Profil en long sur l'axe du Canal avant tout travail.
- Profil en long sur l'axe du Canal à la prise de possession des chantiers par la Société Erzinger, Dephieux, Galtier et C^{ie}.
- Profil en long sur l'axe du Canal lors de l'arrêt des travaux.
- Ligne des plus basses cunettes.
- Limite des excavations.
- ▨ Déblais exécutés depuis l'origine des travaux jusqu'à 1888.
- ▩ Déblais exécutés de Janvier à Décembre 1888, soit pendant environ 14 mois, par la Société Erzinger, Dephieux, Galtier et C^{ie}.
- ▭ Déblais restant à exécuter.



être au début le discernement de la faute commise, l'avenir se chargera de faire la leçon aux imprudents et c'est peut-être alors vers une seconde catastrophe que l'on court. Et cette fois l'erreur sera impardonnable car on aura soit par légèreté, soit par système négligé la vérité qui se dégage de l'expérience acquise.

Je regrette d'avoir trop longtemps parlé de moi, mais il était nécessaire que je le fisse pour bien montrer d'où j'ai tiré mes observations et quelle a été la source de mon expérience acquise.

Je vais dans ce qui suit procéder aux développements, qui paraîtront les plus propres à faire jaillir la lumière sur ce grave problème et accomplir ce que je crois être la dernière partie d'une tâche laborieuse entre toutes : Enseigner l'avenir en regardant le passé.

DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SOL ET DU SOUS-SOL SUR LE TRACÉ DU CANAL

La longueur totale du Canal traversant l'Isthme de Panama est d'environ 75 kilomètres, comptés sur l'axe, dont environ 5 kilomètres dans le Pacifique.

Le point de partage des eaux et, en même temps par suite, le point le plus élevé du tracé est à environ 54 kilomètres de l'extrémité côté Atlantique et à 16 kilomètres du débouché dans le Pacifique, ce qui peut être exprimé *grosso modo* en disant que l'arête de la Cordillère est relativement rapprochée du Pacifique et, vers ces parages, divise l'épaisseur de l'Isthme en deux parties qui sont entre elles à peu près dans le rapport de 7 à 2.

Il en résulte que du côté du Pacifique les pentes sont plus raides et les bassins moins étendus, les eaux déversées à la mer sont en quantité moindre que de l'autre côté et s'écoulent plus vite; par suite les dimensions des rivières doivent être beaucoup moindres sur ce versant que sur l'autre.

Mais une autre raison donne à la vallée du collecteur principal, côté Atlantique, le Chagres, une importance et une amplitude beaucoup plus grande qu'à celle de son homologue, côté Pacifique, le Rio Grande : c'est la disposition des bassins supérieurs.

Avant d'arriver dans le tracé du Canal, le cours du Rio Grande est peu étendu; il naît pour ainsi dire sur l'arête même de la Cordillère.

Le rio Chagres, au contraire, part de très loin et sa source est relativement

voisine de l'Atlantique. L'orientation de sa vallée supérieure semble devoir en faire un tributaire du Pacifique, mais elle fait un brusque détour et la direction des eaux redressées s'infléchit alors vers l'Atlantique.

Il arrive ainsi dans le tracé du Canal, non pas à l'état de ruisseau à peine formé, mais déjà comme un fleuve développé, à régime défini et drainant les eaux d'une vaste contrée.

Ce n'est donc pas, comme on l'a si souvent représenté à tort, un simple torrent, à sec pendant une partie de l'année, sorte de gouttière se remplissant brusquement sous l'influence de l'écoulement des eaux tumultueuses des grandes pluies, mais une rivière ayant un nombre considérable d'affluents réguliers, et alimentée comme tous les cours d'eau importants, partie par le régime normal des sources et partie par l'écoulement des eaux de surface.

Il est certain que la nature essentiellement imperméable du sol de l'Isthme donne à son débit des allures brusques, mais, par contre, la périodicité assez accusée des pluies entraîne pour les crues du Chagres des retours d'une certaine symétrie, dont il est possible de tirer bon parti.

Pour appuyer par des chiffres les considérations précédentes, nous dirons que le Chagres, au moment où il coupe pour la première fois le tracé du Canal (point kilométrique 45) se trouve, à l'étiage, à 15 mètres environ au-dessus du niveau de l'Atlantique. Il aboutit à la mer après avoir parcouru environ 78 kilomètres, ce qui lui donne une pente moyenne de 192 millimètres par kilomètre. Son débit de plus bas étiage est de 25 mètres cubes en moyenne à la seconde.

Le Rio Grande, au contraire, est à la cote 40 au moment où il coupe pour la première fois le tracé du canal, et il arrive à la mer après avoir parcouru 22 kilomètres. La pente moyenne de ses eaux est donc de 1^m,818 par kilomètre. Son débit se réduit à environ cinquante litres par seconde pendant l'extrême saison sèche.

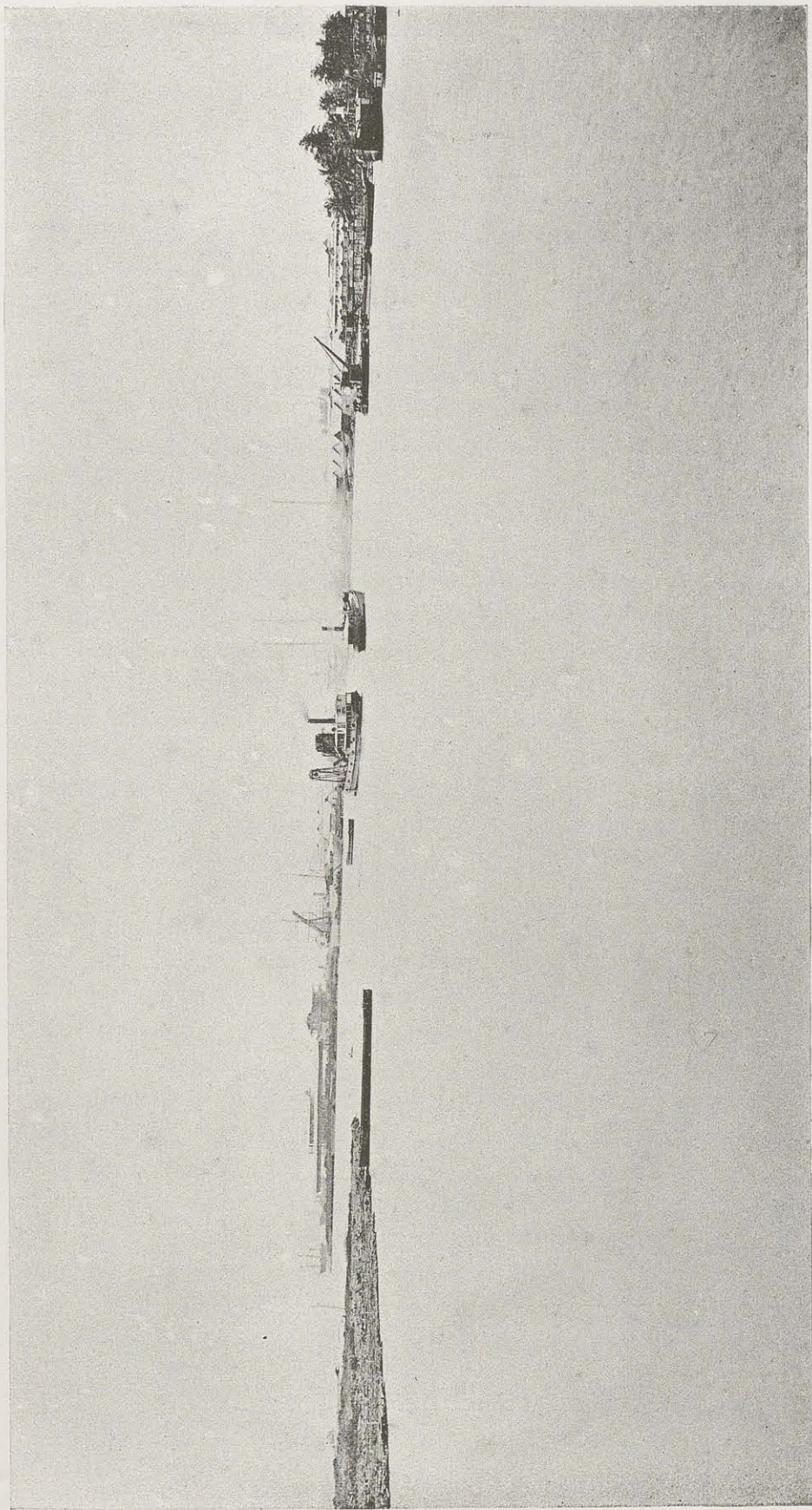
Après ce coup d'œil jeté sur l'hydrographie de l'Isthme, passons à l'examen de ses différentes parties.

VALLÉE DU CHAGRES

Si l'on part de Colon (point de départ du kilométrage du Canal), on voit tout d'abord le tracé, quittant le fond de la baie de Fox River, s'engager dans les plaines basses et marécageuses qui s'étendent entre la rive droite du Chagres et la mer : le tracé rencontre le Chagres seulement aux environs de Gatun, à environ 8 kil. 500 de l'origine.

Dans toute cette première partie, la surface du terrain naturel rencontré est presque constamment noyée, et la partie supérieure paraît être résultée

CANAL INTEROCÉANIQUE DE PANAMA



VUE DE L'ENTRÉE DU CANAL A COLON
(BAIE DE FOX RIVER).

Cette vue représente le terre-plein de Christophe Colomb, gagné partie sur la mer, partie sur les marécages de l'île Manzanillo. La pointe au de-
là de laquelle on distingue un trois-mâts est au débouché même du Canal dans la baie de Colon. — Une drague dite marine se voit au premier plan,
elle vient de charger un bateau-clapet que l'on aperçoit à droite se dirigeant vers la mer pour y déposer le contenu de ses bacs à fonds mobiles.
A gauche de la drague, et près du terre-plein, on distingue un navire à vapeur déchargeant ses colis à l'aide du ponton-bigue qui dessine au-dessus
de l'avant une silhouette de girafe. Cette bigue peut soulever des colis de 40 tonnes.

d'une accumulation de dépôts, d'un limonage graduel et récent effectué soit par la mer, soit par le fleuve, lequel semble d'ailleurs, au premier abord, avoir pu autrefois y épancher ses eaux.

Le seul accident de terrain rencontré se trouve au lieu dit Mindi, où le tracé coupe une petite chaîne de collines basses et étroites.

Il faut ajouter ici que, dans cette partie, l'infrastructure de l'Isthme n'est pas loin de la surface, et surtout entre le Mindi et la mer on rencontre souvent la roche à moins de 3 mètres de profondeur.

Elle est formée d'une sorte de grès verdâtre, constitué de sables agglutinés par un ciment argileux. On trouve uniformément ce grès dans toutes les tranchées de cette partie de l'Isthme : assez dur pour nécessiter l'emploi de la mine lorsqu'il est en place; arraché, mis en menus fragments, il se détruit sous l'influence des nombreux contacts qu'il prend avec l'atmosphère et tend à tomber en poussière.

Au contraire, les parois des tranchées ouvertes dans ce grès se maintiennent fort bien.

C'est là, d'ailleurs, un phénomène sur lequel nous aurons à revenir, et qu'il est extrêmement nécessaire de bien connaître si l'on veut éviter de graves erreurs et de fausses appréciations à distance.

Plusieurs sortes de terrains isthmiques, lorsqu'ils sont mis en menus morceaux, tendent, sous l'influence des actions atmosphériques, à foisonner comme de la chaux et à tomber en poussière, et paraissent, par conséquent, doués d'une cohésion et d'une résistance insignifiantes.

Les tranchées ouvertes dans ces mêmes terrains sont, tout au contraire, pourvues d'une stabilité avec laquelle la précédente expérience semble incompatible.

La raison de ce fait est la suivante :

En masse compacte, ne présentant aux actions atmosphériques que la paroi du talus, c'est-à-dire une surface insignifiante par rapport au volume qu'elle recouvre, ces roches conservent l'état d'humidité nécessaire à leur stabilité et, par suite, leur consistance naturelle.

Au contraire, réduits en fragments soumis de tous côtés à l'action de l'air, les morceaux de la même roche sont exposés aux alternatives des coups de soleil et des pluies, leur état hygrométrique se modifie forcément, malgré l'état de presque constante saturation de l'atmosphère par la vapeur d'eau, et avec ces modifications internes, disparaît la cohésion des molécules et leur adhérence réciproque. Sous ces actions purement physiques, des particules se soulèvent progressivement de la surface au centre comme cela se produit dans les pierres gélives de nos climats sous l'action du froid.

Après avoir rencontré le Chagres, qui continue sur la droite son chemin

vers la mer pour s'y décharger à 12 kilomètres environ de Colon, le tracé reste constamment dans la vallée du fleuve jusqu'au 45^e kilomètre, et le tracé coupe 29 fois le lit de la rivière qui circule sinueuse dans une vallée très étendue encore à Gatun, mais qui va se rétrécissant progressivement au fur et à mesure.

Mais ce rétrécissement ne se fait pas d'une façon absolument graduelle; de temps à autre les collines qui l'accompagnent jettent des contreforts latéraux qui rétrécissent la vallée majeure en même temps qu'elles infléchissent l'élan du cours d'eau et le forcent à des sinuosités correspondant à l'obstacle qui surgit devant lui; c'est ainsi qu'à Bohio Soldado, au kilomètre 23, à San Pablo, au kilomètre 36, enfin à Matachin, au kilomètre 44, pour ne citer que les plus importants, se présentent des éperons transversaux qui semblent comme autant de rideaux rocheux tendus en travers de la vallée et entr'ouverts pour laisser écouler la masse des eaux.

A chacun de ces contreforts correspond pour le Canal une tranchée profonde et rocheuse.

Le tracé de la grande voie maritime n'a pas la souplesse et la flexibilité du fleuve, ses courbes, nécessairement d'un grand rayon, ne lui permettent pas de contourner avec aisance l'obstacle qui se dresse sur sa route: ne pouvant le tourner, il le perce.

En dehors de ces points singuliers, le Chagres circule constamment dans une large plaine où il a tracé un lit sinueux et profond. Le relief du sol au-dessus des eaux d'étiage varie entre 4 et 6 mètres et atteint même parfois 9 et 10 mètres.

Mais outre le sillon qu'il a creusé dans le sol pour rouler ses eaux, le Chagres paraît s'être construit à lui-même des digues latérales pour limiter son lit. Ce phénomène est surtout nettement perceptible dans sa vallée inférieure de Bohio Soldado à la mer. Les terrains sont très visiblement relevés dans le voisinage immédiat du fleuve et se trouvent en saillie au-dessus du niveau moyen de la plaine qu'il traverse.

La raison d'être de ce phénomène doit être, à mon sens, cherchée dans l'extrême densité de la végétation isthmique qui, au cours de chaque crue, a, dans la suite des siècles, opéré une sorte de filtrage des eaux débordées et, retenant peu à peu dans le voisinage immédiat du lit les particules solides apportées par l'inondation, a constitué de chaque côté du fleuve ce double et puissant endiguement.

Cette remarque est intéressante parce qu'elle montre combien il est désirable d'utiliser, lorsque c'est possible, le lit même du Chagres pour écouler ses eaux à la mer, car il représente un gigantesque fossé d'écoulement, non seulement creusé par la nature, mais encore pourvu par elle de digues latérales, comme il serait impossible d'en doter une dérivation artificielle.

Nous aurons l'occasion plus loin de montrer comment on peut utiliser cette observation pour la détermination du projet définitif.

La portée habituelle des eaux, qui est de 600 à 800 mètres cubes à la seconde dans les crues d'hiver, se contente du lit ainsi créé, malgré les très nombreuses sinuosités qui affaiblissent le courant en diminuant la pente des eaux.

Mais de temps à autre, tous les quatre ou cinq ans, une crue anormale vient faire déborder le fleuve.

Fort heureusement, ces éventualités sont rares et, en outre, de très faible durée. Elles correspondent à une chute abondante de pluies au moment de l'établissement du régime des alizés, qui ramène le beau temps. Ce phénomène des grandes crues a la rapidité d'une tempête, car il est issu lui-même, en réalité, comme la tempête d'un conflit bientôt terminé entre deux courants atmosphériques contraires.

Après cet examen d'ensemble de la vallée du Chagres, passons à l'étude du sol.

Le sol rencontré par le tracé, en faisant, bien entendu, exception des points où il franchit des contreforts rocheux, est extrêmement variable, comme on doit s'y attendre. A la surface se présentent, en général, des bancs d'argile sableuse jaunâtre : c'est l'aspect général des berges escarpées aux talus presque verticaux entre lesquels le Chagres roule ses eaux.

A certains endroits, vers Bas-Matachin, paraissent, presque à la surface, des bancs de sable et de cailloux roulés.

Au-dessous de ces couches superficielles, se rencontrent, de temps à autre, des bancs d'un terrain à base généralement argileuse de consistance variable, mais presque toujours, à quelques faibles exceptions près, suffisamment friable pour être mordu et enlevé, comme le terrain supérieur, par les godets des dragues, sans minage ni dislocation préalables.

Les contreforts rocheux que traverse le tracé ont les compositions les plus diverses.

A Bohio Soldado, la butte, dont l'élévation atteint, sur l'axe du tracé, 53 mètres au-dessus du niveau de la mer, est presque entièrement composée d'un conglomérat dur et compact de cailloux roulés et de sable, agglutinés autour de grosses pierres arrondies dont la dimension varie entre celle d'une tête d'homme et celle d'une grosse citrouille.

Toutefois, dans le massif intérieur de la butte, surtout sur le côté Panama, on voit paraître des bancs rocheux durs régulièrement disposés et qui ne présentent plus, comme le reste du massif, l'aspect d'une moraine solidifiée.

Au pied de la butte, côté Colon, et dans la plaine qui la précède on trouve une pierre blanchâtre régulièrement stratifiée, à composition calcaire, mais dont la présence n'est pas décelée par une protubérance du sol.

En redescendant quelque peu vers Colon, et de l'autre côté du Chagres, une légère éminence, que coupe le tracé, montre dans ses flancs une pierre de cou-

leur analogue à la précédente, mais à constitution quelque peu argileuse.

La seconde série de buttes que nous avons signalée est celle de San Pablo.

La première de celles-ci est rencontrée avant le Chagres, elle contient un grès très dur et très homogène mais elle est de peu de longueur; quelques centaines de mètres plus loin, de l'autre côté du fleuve, on trouve sur le tracé un autre groupe dont une première butte composée d'un terrain argileux peu résistant et une seconde immédiatement après qui se présente sous l'aspect d'une roche dure et compacte d'origine volcanique. Chose singulière, cette roche si compacte et d'allure si homogène ne paraît pas résister aux influences de l'atmosphère lorsqu'elle est concassée en fragments. Les pierres extraites de la tranchée et soumises au concassage semblent perdre au bout de peu de temps leur consistance.

De plus, la compacité de la roche ne paraît pas s'augmenter en approfondissement et en certains points, restreints d'ailleurs, le caractère argileux a une tendance à prédominer.

La butte qui se trouve à Matachin semble présenter toutes les variétés et tous les caractères de terrain, les bancs durs et compacts se superposent sans ordre ni gradation aux couches argileuses à faible consistance.

VALLÉE DE L'OBISPO

Au kilomètre 45, le tracé abandonne le Chagres, et l'on voit, sur la gauche du Canal, le lit du fleuve se perdre, après avoir fait un coude brusque, dans une immense vallée, dont les entrées semblent être gardées par deux sentinelles avancées : le cerro Santa Cruz à gauche, le cerro Obispo à droite.

A partir de ce point, le tracé quitte la vallée du Chagres pour escalader celle d'un de ses affluents, l'Obispo, jusqu'au faite lui-même, jusqu'à la Culebra.

L'Obispo n'est plus une rivière, c'est un torrent qui vient verser dans le Chagres les eaux qui s'écoulent d'un vallon accidenté.

La différence de niveau du lit, depuis le moment où l'Obispo traverse pour la première fois le tracé du Canal au kilomètre 52.500, jusqu'au point où il verse ses eaux dans le Chagres, est de 45 mètres, ce qui, pour 7 kilomètres 500 de distance à vol d'oiseau, fait une chute moyenne de 6 mètres par kilomètre.

Naturellement, la pente du lit du cours d'eau n'a pas cette inclinaison : de nombreux circuits, et de plus deux chutes verticales, viennent adoucir la pente moyenne et affaiblissent par suite l'élément qui, associé avec la dimension du lit, détermine la puissance d'écoulement des eaux.

Lorsque les eaux, jetées par les ruisseaux qui constituent au-dessus d'Emperador la résille de fossés naturels drainant les plaines supérieures, viennent brusquement s'accumuler et se réunir dans le lit principal qui prend alors le

nom d'Obispo, celui-ci est souvent incapable de les porter au Chagres, sans les laisser déborder.

Le sol de la vallée où il circule n'est pas, comme celui de la grande vallée collectrice inférieure, friable et de faible consistance. L'Obispo roule sur des terrains de roche ou d'argile compacte, qui se laissent plus difficilement entamer et qui ne lui ont pas permis de se tailler une demeure à sa convenance.

Mais combien l'intervention de l'homme pourrait facilement réaliser ce que la nature n'a pu faire. En utilisant, même d'une façon incomplète, la chute considérable, extraordinaire, qui existe entre le point d'origine et l'extrémité de l'Obispo, un lit artificiel pourrait, tout en gardant de faibles dimensions, emporter facilement vers le Chagres toutes les crues normales, et débarrasser par suite les travailleurs de l'incommode et périodique présence des eaux d'inondation pendant les périodes hivernales.

Le tracé, aussitôt après avoir frappé la rive droite du Chagres, rencontre tout d'abord à la surface un sol friable qui se transforme rapidement en une roche compacte et dure au cerro Gamboa, puis au cerro de la Corrosita, point kilométrique 46.

La nature de ces roches, appelées improprement *grès de Gamboa* par les premiers sondeurs qui ont fouillé les terrains de l'Isthme, a manifestement une origine ignée.

Là, comme à San Pablo, dans certaines parties se produit une dégénérescence argileuse locale et spéciale, par suite, très probablement, de la décomposition interne de certaines parties de la roche qui contient l'argile à l'état de combinaison.

C'est un phénomène analogue à celui qui permet d'assister à la destruction de certains granits, grâce à la décomposition des feldspaths, cristaux blancs ou roses à base argileuse, qui forment un de leurs éléments essentiels.

Néanmoins la presque totalité de ces roches est très saine et compacte et les tranchées que l'on y ouvre peuvent admettre des parois très raidies.

Au delà de la butte de la Corrosita jusqu'à la Culebra, le massif est presque entièrement composé d'une argile compacte et dure, exigeant l'emploi de la mine pour se laisser débiter mais présentant, à un haut degré, le caractère dont nous avons parlé à propos des grès du Mindi et qui consiste dans une compacité très satisfaisante, lorsque la roche est en masse solide et homogène, et en une tendance marquée au foisonnement et à la désagrégation intime lorsqu'elle se trouve en morceaux isolés, soumis à des variations de régime météorologique : coups de soleil et pluies abondantes.

La surface du massif central, après avoir dépassé la Corrosita, présente, dans le vallon d'Obispo, une sorte de plaine jusqu'au kilomètre 48 du tracé; là, deux ascensions brusques relèvent, sur 500 mètres de distance, le niveau d'une vingtaine de mètres et le fond de vallée conduit, en montant graduellement

jusqu'au kilomètre 54, au pied du massif de la Culebra où l'altitude du sol naturel est environ à 72 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Ainsi depuis le Chagres, kilomètre 45, jusqu'au pied du massif de la Culebra, kilomètre 54, c'est-à-dire sur moins de 10 kilomètres, nous voyons le terrain s'élever de 20 mètres environ au-dessus du niveau de la mer, jusqu'à 72 mètres au pied du col de la Culebra, soit une montée de 52 mètres.

On peut concevoir l'énormité du travail à effectuer dans cette section, en ajoutant à cette première conception du terrain traversé, que de temps en temps, des collines rocheuses dont nous avons cité les noms : le cerro Gamboa et le cerro Corrosita viennent jeter sur la surface du sol une protubérance gigantesque se traduisant par un supplément de cube difficile et coûteux.

LA CULEBRA

Arrivé sur l'axe du tracé, au kilomètre 54, au pied de la montée de la crête supérieure de la Cordillère, à la base du colosse qui a si longtemps semblé se rire du travail de l'homme et déjouer ses efforts, on voit, à un kilomètre environ de distance et sur la gauche du tracé, se dresser le cerro Culebra, beau bloc basaltique dont le sommet, à l'altitude de 190 mètres au-dessus de la mer, laisse voir à sa partie supérieure des écorchures montrant des aiguilles hexagonales régulières, semblables à celles qu'admirent les touristes en Auvergne.

Sa crête, couronnée d'épaisses forêts, se prolonge vers la gauche par une série de hauteurs qui ne le dépassent guère et qui, en mourant à l'horizon, semblent fermer le cirque entourant la plaine où circulent les premiers affluents supérieurs de l'Obispo.

A droite de l'axe et un peu plus loin l'œil aperçoit une autre hauteur, le « Petit Cerro », faisant presque face au cerro Culebra mais qui, moins élevé que lui de 65 mètres environ, paraît, pour l'observateur ainsi placé, de beaucoup plus petit et cela pour la double raison de la diminution d'altitude et de l'éloignement plus grand. A droite du Petit Cerro, la crête de la Cordillère s'affaisse plus profondément qu'entre le cerro Culebra et le « Petit Cerro » et permet au chemin de fer de passer environ à 77 mètres au-dessus du niveau de la mer dans une tranchée qui a d'ailleurs 7 à 8 mètres de profondeur.

Mais le tracé ne pouvait utiliser ce passage bas : l'inflexible majesté des rayons des courbes du Canal ne peut s'abaisser aux complaisances d'un projet de chemin de fer ; il était indispensable, pour déboucher convenablement dans la vallée du Rio-Grande, de passer entre le cerro Culebra et le Petit Cerro.

Entre les deux cerros, s'étend un vaste rideau de terrain dont la crête supérieure affecte la forme d'une chaîne qui serait attachée par chaque extrémité aux flancs des deux montagnes. Le point le plus haut, coupé par l'axe dans le

massif du col, est à 101^m,66 au-dessus du niveau de la mer et se trouve au point kilométrique 54.440, mais il est isolé: la cote moyenne est environ la cote 100 pour les points les plus hauts de l'axe.

L'imposant massif laisse mollement déborder ses terres vers l'Atlantique et le Pacifique. Mais du côté du versant du Chagres les pentes s'arrêtent tout de suite aux plaines supérieures de la vallée de l'Obispo, tandis que du côté opposé elles doivent plonger plus de 30 mètres en contrebas pour trouver la vallée proprement dite du Rio Grande.

Nous avons montré comment se présentait le col pour un observateur venu de Colon et arrivé au pied du massif au point kilométrique 54, en suivant le tracé. Nous avons vu que l'on avait devant soi le cerro Culebra à gauche et le Petit Cerro à droite.

Le cerro Culebra est le dernier élément d'une chaîne de hauteurs que l'on voit borner le bassin du haut Obispo et qui, orientée perpendiculairement au Canal, paraît brusquement coupée après le cerro Culebra; mais alors elle semble se retourner parallèlement au Canal et envoyer une chaîne émissaire dans une direction perpendiculaire à la précédente pour former les bornes du Rio Grande, côté gauche du tracé.

Au contraire, le Petit Cerro apparaît comme une colline isolée entre les deux dépressions utilisées, la première par le Canal, la seconde par le chemin de fer.

Semblable à un puy d'Auvergne, on le dirait placé là comme une gigantesque balise, marquant la bifurcation entre la vallée artificielle créée pour le Canal à travers la Culebra et la gorge profonde et étroite dont le Rio Grande sort, sur la rive droite, en flots rapides et tumultueux pour pénétrer dans le vallon spacieux qu'il doit occuper en commun avec le Canal.

Ces deux bornes gigantesques de la route interocéanique proviennent d'un bouillonnement de roches éruptives basaltiques, mais la nature intime et profonde du col de la Culebra consiste tout au contraire en un massif d'argile compacte et stable, en masse profonde, et que le godet de l'excavateur ne peut attaquer sans un minage préalable.

La solidité du sous-sol paraît très rassurante et la stabilité des talus et des tranchées ouvertes dans ces argiles, fort probable.

Toutefois, les fragments isolés exposés à l'air éprouvent, à un haut degré, les phénomènes dont j'ai déjà parlé plus haut à diverses reprises.

Ce changement de constitution physique a amené des ingénieurs distingués à s'effrayer, bien à tort, relativement à la stabilité de ces roches argileuses.

Examinant en France des morceaux provenant des sondages et conservés avec tous les soins qu'il est possible de prendre pour des échantillons précieux, ils ont constaté avec un véritable effroi que cette soi-disant roche tombait en poussière sous la pression des doigts et plongée dans l'eau, se résolvait en boue, s'y dissolvait en quelque sorte.

J'ai eu plusieurs fois à redresser la conclusion qu'on en tirait trop facile-

ment, à savoir que l'immense, la colossale tranchée de Culebra aurait des parois fondant sous l'influence de la chute des eaux du ciel, et par conséquent, serait impossible à maintenir dans un climat aussi pluvieux que celui de l'Isthme.

En réalité, les argiles sont, la plupart du temps, incomparablement plus stables dans l'Isthme que dans nos pays, et en voici la raison :

La cause initiale des éboulements de talus est le défaut de cohésion, d'adhérence réciproque des molécules du terrain, les unes avec les autres.

Ce qui, dans les tranchées rocheuses, permet de raidir les parois, de leur faire même quelquefois dépasser la verticale et de mettre en surplomb des massifs rocheux considérables, c'est la force d'adhérence réciproque des molécules les unes avec les autres. Cette force arrive, non seulement à contrebalancer la tendance au glissement, mais à ancrer ces massifs, pour ainsi dire, aux flancs mêmes de la montagne.

Or, l'argile compacte et dure, lorsqu'elle est prise dans un puits profond où la température et l'état hygrométrique ne varient pas, est douée d'une cohésion très sérieuse et très appréciable; mais lorsque dans nos climats on vient à ouvrir une tranchée, à travers de l'argile, l'exposition aux intempéries lui fait subir une modification moléculaire intime.

Sous l'influence de la dessiccation de l'air, elle perd une partie de l'eau qui l'imbibait, ce qui modifie gravement sa constitution naturelle, car ce dessèchement s'accompagne d'une réduction de volume.

Et ce rétrécissement à son tour détermine dans le sein de la masse des fissurations plus ou moins profondes.

Dès que les pluies arrivent, l'eau vient remplir ces vides et puis surviennent les gelées qui déterminent à leur tour une augmentation du volume de l'eau, qui, à l'état libre, a rempli les interstices créés par les fissures des massifs.

Il résulte de tous ces efforts la désorganisation profonde des conditions d'adhérence réciproque des molécules. La masse disloquée dans toutes ses parties, a perdu sa force de résistance et l'espèce de savonnement qui résulte de la présence de l'eau dans les fissures, ajoute un élément nouveau d'instabilité intérieure. Le massif, autrefois sain et fixe, tombe sous ces diverses influences comme une masse demi-pâteuse, ayant abandonné toutes les qualités des corps solides.

L'instabilité des argiles tient donc surtout aux variations excessives de température et d'état hygrométrique.

Dans l'Isthme, ces causes n'existent pas et avec les causes s'évanouissent leurs déplorable effets.

La température ne s'abaisse jamais au-dessous de + 14° centigrades, encore cela ne se produit-il que rarement et dans les parties élevées du pays. Elle ne dépasse presque jamais 32° ou 33°. On voit donc que l'écart entre les températures maximum et minimum est insignifiant : 18° ou 19°, au lieu des

écarts thermométriques de 35° ou 40° que nous constatons presque chaque année en France.

En outre, et c'est là surtout le point probablement le plus important, l'état hygrométrique de l'air est toujours presque voisin de la saturation et cela en toutes saisons et à tout moment de la journée.

La caractéristique météorologique de l'Isthme est, par excellence, non pas l'élévation de la température, mais l'état d'extrême et constante humidité qu'y entretiennent les vents du Pacifique et de l'Atlantique.

Dans ces conditions, aucune des causes que je détaillais tout à l'heure et qui déterminent la poussée au vide des argiles n'existe plus, et cette catégorie de terrain ne conserve que les qualités qui dérivent de sa cohésion.

Sans doute, sous l'influence d'un soleil ardent et malgré l'état de saturation de l'atmosphère, étant données surtout la couleur grise de ces terres et la puissance d'absorption de calorique qui en résulte, il peut se créer dans le contact immédiat de la substance une atmosphère locale surchauffée qui, sollicitant une humidité nouvelle, peut emprunter celle du terrain et, par suite, en dessécher la surface.

Dans le cas d'un morceau isolé où la surface, par rapport à la masse, est considérable, et où la quantité d'humidité est restreinte, cette action se produit avec une certaine intensité et peut déterminer, détermine, dois-je dire en réalité, une exfoliation qui est suivie d'une seconde, et ainsi de suite jusqu'à ce que le morceau soit tombé en poussière en augmentant de volume.

Mais si nous considérons, au contraire, un talus de tranchée, la surface est insignifiante par rapport à la masse qu'elle recouvre et à la quantité d'eau, par suite, qui la pénètre. Si l'échauffement superficiel dont il vient d'être question se produit, amenant une légère évaporation d'eau, celle-ci est immédiatement remplacée par un appel de l'eau moléculaire qui existe dans le massif et la dessiccation de la surface ne se produit pas. Pour mieux dire, cette dessiccation et l'exfoliation correspondante, si elles se produisent, se présentent en quantités si restreintes, qu'il ne vaut pas la peine de s'y arrêter comme à une difficulté sérieuse. Il faut simplement considérer cette question comme du ressort de celles que soulèvera le problème du meilleur et du plus économique entretien des ouvrages du Canal.

La théorie qui vient d'être donnée me paraît être la seule qui permette d'expliquer ces phénomènes de stabilité des talus argileux qui m'avaient vivement frappé dès mon arrivée dans l'Isthme et qui, très heureusement pour les travaux du Canal, représentent un coefficient de sécurité auquel bien évidemment l'on ne s'attendait pas à l'origine.

Cette explication met en lumière également le phénomène dont j'ai parlé plus haut relativement aux argiles internes du massif de la Culebra.

Un échantillon apporté dans nos climats s'y dessèche graduellement, et bien qu'il ne subisse pas l'exfoliation due à une dessiccation brusque sous l'in-

fluence d'un soleil ardent, sa constitution physique ne se modifie pas moins, la cohésion disparaît aussi bien, le morceau se brise sous les doigts et fond dans un verre.

Il ne faut donc tirer aucune conséquence de cette expérience, au premier abord effrayante, et dont le seul enseignement doit être de faire voir combien il est facile de mal apprécier les choses à distance et combien la recherche étroite et prolongée des phénomènes particuliers à l'Isthme y est indispensable pour éviter l'erreur.

Ce que je viens de dire sur la bonne qualité et la bonne tenue des argiles du massif interne de la Culebra, ne peut malheureusement se répéter pour la totalité des terrains de la tranchée.

En dehors de ce noyau intérieur, le massif de la Culebra est revêtu d'une sorte de manteau, de chape, d'épaisseur variable et appartenant à la catégorie de terrains la plus mauvaise, la plus traîtresse, la plus difficile qu'il soit possible d'imaginer.

Je laisse aux faiseurs d'hypothèses géologiques le soin de discuter si cette partie supérieure est une argile formée à la même période que l'argile inférieure et si elle manque simplement des qualités de cohésion qui caractérisent l'autre, ou bien si, au contraire, l'existence de ce manteau est due à un limonage lent et graduel qui aurait permis à des particules argileuses, arrachées par les eaux aux cerros voisins, de se déposer graduellement sur les argiles en place.

Quoi qu'il en soit, argile spéciale ou limon, ce terrain est incapable d'aucune stabilité. Il se partage en deux fractions distinctes : une partie purement argileuse à consistance pâteuse surmontée d'une terre argilo-sableuse, peu éboulée par sa nature propre, mais entraînée par les mouvements de la couche précédente.

Cette seconde couche domine surtout sur le côté Colon du faite de partage et à gauche de l'axe en regardant vers Panama.

Vers cet endroit, le cerro Culebra envoie à 400 ou 500 mètres en avant une sorte d'éperon dans le sens parallèle à celui du Canal, mais dirigé vers Colon.

Les flancs de cette petite crête secondaire sont couverts de ce terrain que la mauvaise tenue du terrain inférieur a mis en mouvement entre la crête et l'axe du Canal sur une étendue relativement très considérable.

Des fissures pouvaient être aperçues à 300 et 400 mètres de l'axe du Canal, alors que les excavations régulières n'allaient point encore au delà de cette ligne.

Mais il ne faut pas s'effrayer outre mesure de ce fait.

Tout d'abord le mouvement ne peut se propager, puisqu'il est nécessairement limité à l'axe de ce petit soulèvement secondaire et qu'il l'a presque atteint.

En opérant une décharge de surface à ces terrains, on obtiendra un nouvel

équilibre des terres et, fallût-il même enlever toute la partie en mouvement, que cela ne représenterait point un effort bien considérable par suite de l'épaisseur relativement faible de la couche en marche et cela se réglerait par quelques centaines de mille mètres cubes supplémentaires.

Ces couches de terrains ébouleux, dépourvus de compacité, ont été la cause de difficultés considérables et sur lesquelles nous aurons à revenir en temps et lieu.

Ajoutons seulement que les terrains en mouvement dont il vient d'être parlé s'étendent jusqu'à l'angle formé par le cerro Culebra et le point d'attache de l'éperon qui, comme je le disais tout à l'heure, court parallèlement au Canal vers Colon sur quelques centaines de mètres.

De l'autre côté du cerro Culebra, c'est-à-dire côté Panama, la chaîne qui va former la limite gauche de la vallée du Rio Grande, s'éloigne tout d'abord de l'axe du Canal laissant entre elle et lui des terrains qui s'inclinent doucement vers ce dernier.

Les excavations y ont produit également des appels de mauvais terrains, mais ici, comme de l'autre côté du cerro, les éboulements sont nécessairement terminés aux flancs des coteaux et la limite maximum des excavations éventuellement à faire n'est pas de nature à effrayer. Cumulée avec l'autre partie déjà signalée, le montant de l'excavation supplémentaire ne peut guère dépasser un million de mètres cubes.

Sur le côté droit de l'axe aucun éboulement n'est à prévoir : les mauvais terrains supérieurs ne peuvent amener beaucoup d'éboulements, car la pente des couches qui entraîne sur le côté gauche les terrains supérieurs vers l'axe s'oppose aux éboulements du côté opposé. Il n'y a donc qu'à tenir compte de l'adoucissement inhérent à la mauvaise tenue du manteau supérieur, sans qu'il y ait à prévoir des glissements en dehors des limites de l'excavation.

En résumé, la Culebra se présente comme une sorte de rideau de un kilomètre d'épaisseur tendu entre deux montagnes, ayant sur l'axe du Canal son point culminant moyen à 100 mètres au-dessus du niveau de la mer et interceptant la communication entre deux vallées ayant leurs origines à la cote 72 mètres d'un côté, à la cote 45 mètres de l'autre.

Cette énorme protubérance au-dessus des deux vallées de l'Obispo et du Rio Grande est bien le caractère spécifique de la Culebra à proprement parler au point de vue topographique.

Au point de vue géologique, cette protubérance consiste en des couches extrêmement molles à la partie supérieure, qui deviennent dures et compactes dans la partie interne.

Jusqu'en 1886, l'excavation de la tranchée n'avait fait aucun progrès sérieux et le problème restait entier. A la fin de 1888, le passage était ouvert complètement presque au niveau de la haute vallée de l'Obispo, c'est-à-dire à la cote 72, sauf la pente laissée à la cunette pour l'écoulement des eaux. Une saignée pro-

fonde avait tranché la protubérance et l'on pouvait dire qu'elle était coupée au niveau du pied du massif côté Colon.

L'organisation systématique et méthodique des travaux, et les solutions nouvelles appliquées avaient pleinement réussi, les parties ébouleuses vigoureusement attaquées avaient reculé devant la persistance des efforts dépensés et la bonne conception des moyens employés. En un mot, le rideau était complètement ouvert et il n'y avait plus qu'à faire tourner pendant quelques semestres les machines installées et en plein cours de fonctionnement pour avoir enlevé complètement l'obstacle et creusé au-dessous de lui et à sa place la tranchée du Canal à écluses provisoires.

Le problème était donc résolu dans l'acception technique du mot.

Mais nous reviendrons sur cet important sujet en temps et lieu.

VALLÉE DU RIO GRANDE ET PARTIE MARITIME

Après avoir franchi le seuil de la Culebra, le tracé pénètre dans la vallée du Rio Grande.

Cette partie de la vallée semble plutôt être la continuation naturelle de l'affaissement qui existe dans la crête de la Cordillère entre le cerro Culebra et le Petit Cerro, que la prolongation du ravin étroit et sauvage, dans lequel circule le Rio Grande avant de prendre possession de cette partie de son domaine.

Malgré son nom ambitieux, le Rio Grande n'est qu'un ruisseau à allures torrentielles, assez semblable à l'Obispo, comme lit et comme régime, mais d'importance moindre encore.

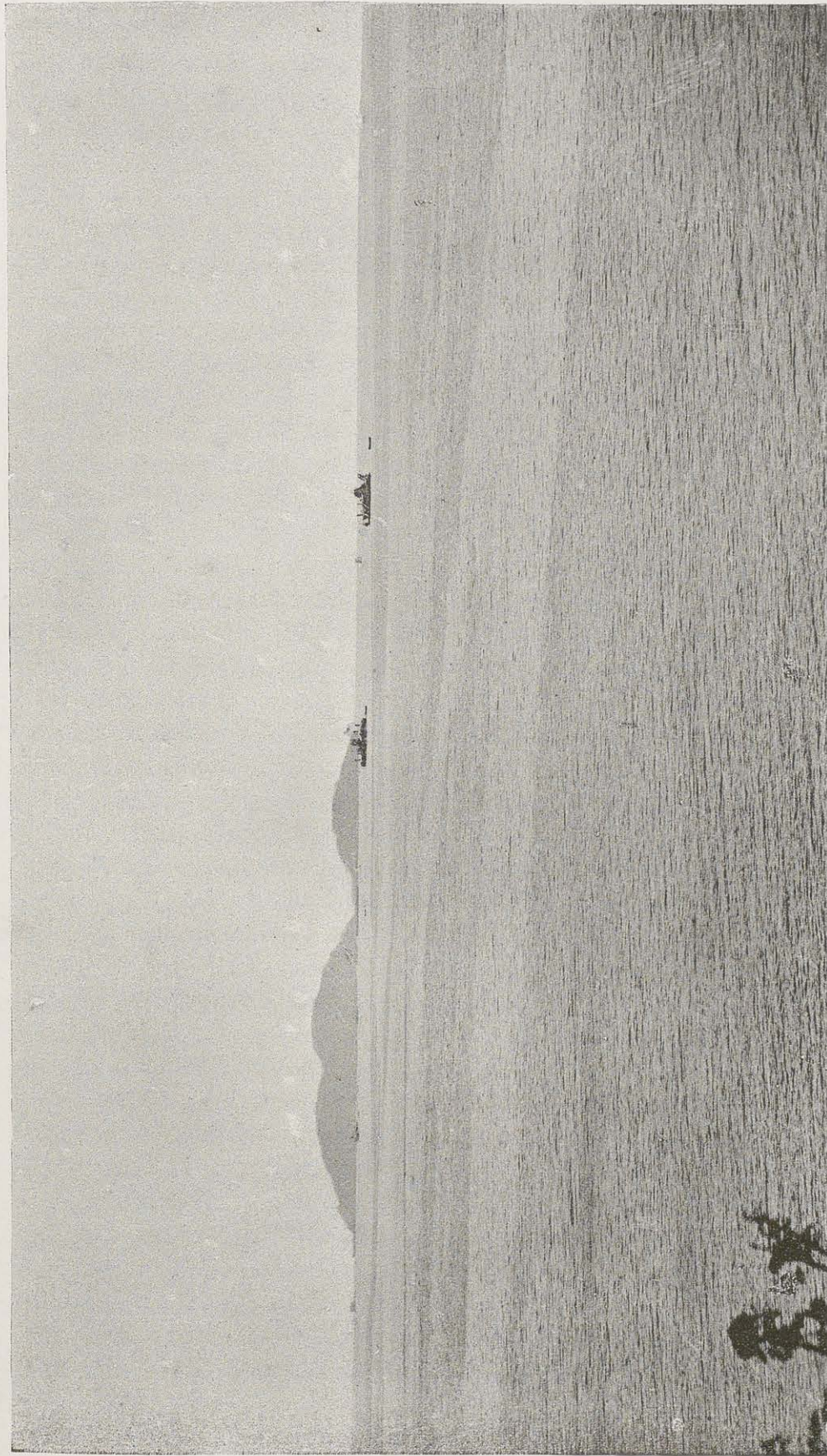
Son lit est environ à la cote 42 quand il débouche dans la vallée élargie, en même temps que le Canal lui-même.

Le vallon, bordé de montagnes à infrastructures basaltiques, conduit le ruisseau à peu près en droite ligne jusqu'à Pedro-Miguel, où une colonne de basalte lui barre la route et le rejette sur la droite (Point kilométrique 57.)

L'obstacle contourné, le ruisseau, qui est encore à ce moment à 12 mètres au-dessus du niveau de la mer, reprend sa course dans une vallée dont la largeur s'accroît brusquement et prend les dimensions qui conviennent au rôle qu'elle va jouer.

Peu à peu, au kilomètre 62, le lit du ruisseau commence aussi à s'élargir notablement, car le volume des eaux qu'il roule augmente. Ce n'est pas l'étroite gouttière d'une simple petite rivière, c'est l'extrémité d'un estuaire. Le sens de l'écoulement en même temps que la cote des eaux varie désormais avec la marée.

CANAL INTEROCÉANIQUE DE PANAMA



VUE DE LA BAIE DE PANAMA.

(CHENAL MARITIME).

Des dragues sont en travail, creusant le chenal maritime. On distingue des navires en stationnement dans la rade de Naos et se profilant sur les îles Naos, Flamengo et Perico. L'éloignement du plan de ces îles ne leur permet pas de se détacher l'une de l'autre; on n'aperçoit que la masse de leur groupe.

La vallée continue à s'élargir, prend l'aspect d'un vaste marécage dont les hautes marées de syzygie couvrent la surface.

Le sol est un limon grisâtre sur lequel poussent en grand nombre les palétuviers.

Du kilomètre 62 au kilomètre 68 l'aspect reste le même, mais la chaîne de collines qui limitent l'horizon à gauche, une fois arrivée près du bord de la mer, projette latéralement un rameau qui vient fermer la vallée, interposant entre elle et la mer un rideau de collines dont la dernière, le cerro Ancon, vient placer une borne gigantesque fixant la limite entre la partie terrestre et la partie maritime du Canal.

Le Rio Grande, dont le lit est devenu, grâce au jeu des marées, large et profond, passe au pied du cerro Sosa, frère puîné de l'Ancon, dans un rétrécissement de sa vallée qui ne laisse plus au lit majeur qu'une faible partie de l'étendue qu'il occupait, un kilomètre plus haut.

Le tracé, dans toute la région qui s'étend dans la vallée du haut Rio Grande, rencontre, en général, un sol dur et compact.

Le système géologique est extrêmement convulsé, les terrains meubles sont peu fréquents, sauf dans la couche supérieure de la partie maritime de la vallée, et encore cette couche est-elle peu épaisse et trouve-t-on très près de la surface, dans un grand nombre de points, toute une série de terrains rocheux à consistance variable dont quelques-uns sont des basaltes très durs.

Pourtant, dans la partie basse de la vallée, entre le kilomètre 65 et la mer et aussi dans le prolongement maritime du Canal, du kilomètre 70 au kilomètre 75, les terrains durs plongent davantage et le tracé ne rencontre des roches qu'à titre exceptionnel et momentané, les terres sont partout meubles et d'une excavation facile et sans minages, sauf en de rares endroits.

Après avoir franchi la plage où s'épanche le Rio Grande, vers le kilomètre 70, le tracé continue en plaine mer jusqu'au kilomètre 75, où seulement on rencontre les fonds de 9 mètres sous basse mer.

Ainsi, la nappe de terrain aux pentes insensibles qui s'étend entre le kilomètre 62 et le kilomètre 70 semble se prolonger jusqu'en mer avec la même mollesse de chute et ne descend à la profondeur voulue qu'à 5 kilomètres de distance.

Au sortir de la vallée du Rio Grande, l'on se trouve dans la merveilleuse baie de Panama, aux eaux d'azur, constellées d'îlots d'émeraude. Les massifs de Naos, Flamengo, Perico, pointements volcaniques surgissant des flots, à faible distance de la côte, servent de sentinelles avancées au Canal et c'est au pied de la plus éloignée des trois, à quelques centaines de mètres de ses parements basaltiques verticaux surmontées d'une couronne de végétations touffues, que passe l'axe de la grande voie maritime, c'est là que le Canal de Panama recevra les navires du Pacifique, rendant en échange ceux qui, venus

de l'autre côté du continent, auront traversé ses tranchées et ses ouvrages d'art, objet de tant de travail, de tant de sollicitude, de tant d'absorbantes recherches; c'est là que se terminera cette œuvre achetée au prix du sang de tant de héros inconnus, cette œuvre à jamais glorieuse et qui ajoutera un lustre sans rival au drapeau de la nation qui l'aura accomplie, car, périlleuse comme une œuvre de guerre, demandant le même courage, la même hauteur d'âme, le même oubli de soi-même de ceux qui la réaliseront, elle sera bienfaisante, généreuse, féconde comme une œuvre de paix.

CLIMAT — ÉTAT SANITAIRE DE L'ISTHME DE PANAMA

Avant de passer de la description générale du terrain, à la description des méthodes de travail appropriées aux difficultés rencontrées, il convient de prendre en considération un des éléments les plus importants de la production : le climat et l'état sanitaire et leur répercussion sur la valeur et le travail des employés et ouvriers.

Les vents qui soufflent le plus fréquemment dans l'Isthme, sont les vents alizés de Nord-Est. On sait que les vents alizés de Nord-Est occupent, dans l'Atlantique Nord, une zone bien définie, mais qui suit dans une certaine mesure les oscillations du soleil de part et d'autre de l'équateur.

Lorsque le soleil descend vers le Sud, c'est-à-dire, entre le 21 juin et le 21 décembre, la bande, dans laquelle se rencontrent les alizés, se déplace de quelques degrés vers le Sud et sa marche suit celle du soleil avec un certain retard et avec une amplitude beaucoup moindre; elle remonte vers le Nord, quand le soleil remonte lui-même.

Or l'Isthme de Panama, bien que toujours dans la zone des alizés, se trouve près du bord inférieur de cette zone, quand le soleil est dans notre hémisphère.

Il en résulte que si, pendant tout notre été et notre automne, les vents alizés restent toujours et de beaucoup les plus actifs dans l'Isthme, la proximité de la frontière de la zone a pour effet de faire souffler aussi, pendant cette période, des vents contraires. Lorsqu'ils choquent les alizés, qui sont de température différente, il se produit des condensations d'eau plus ou moins abondantes ainsi qu'un temps incertain, nuageux, chaud et lourd, chargé d'électricité et énervant.

Au contraire, lorsque le soleil descend vers l'autre hémisphère, il entraîne avec lui la zone des alizés, et l'Isthme de Panama, au lieu de rester sur la lisière,

se trouve entièrement compris dans la zone et, par suite, plongé dans des courants d'air puissants, réguliers et constants.

Théoriquement cette immersion de l'Isthme dans le plein courant des alizés devrait atteindre son maximum au 21 décembre et la période à laquelle elle correspond devrait être également distribuée de part et d'autre de cette date.

Mais nous l'avons dit, l'effet ne coïncide pas avec la cause, il la suit à une certaine distance, et la saison pendant laquelle règnent constamment les courants ininterrompus des alizés de Nord-Est a pour limites ordinaires, le 15 décembre et le 15 avril, ce qui conduit à la constatation d'un retard de deux mois sur la date théorique du phénomène.

Pendant cette période, ces vents de Nord-Est, soufflant constamment et apportant des brises fraîches dont la température tend plutôt à s'élever qu'à baisser au contact de l'Isthme, ne déterminent aucune condensation d'eau et amènent la saison dite sèche.

L'absence de pluies, le souffle rafraîchissant et tonique des brises de l'Océan, font régner à ce moment un véritable sentiment de bien-être ; les maladies décroissent, en nombre et en intensité. C'est la saison des visites, malheureusement trop rares, faites aux travaux du Canal par des particuliers.

On peut alors se risquer dans l'Isthme sans exposer sérieusement son existence et sa santé.

Au contraire, le reste de l'année est pénible et malsain, les courtes périodes de sécheresse, qu'une prédominance momentanée des alizés fait renaître après des pluies abondantes, déterminent le croupissement des eaux dans le fond des forêts vierges, des miasmes malsains se dégagent et se répandent qu'aucun abatage d'arbres ne fera jamais disparaître avant l'époque lointaine et problématique où la culture remplacera la forêt et permettra de dégager les foyers d'infection cachés aujourd'hui sous les brousses impénétrables.

Concurremment à ces distillations miasmatiques se développe le mystérieux et subtil poison de la fièvre jaune, frappant au hasard et sans merci les blancs qui ne sont pas aguerris contre lui, respectant, au contraire, les noirs qui ont probablement puisé dans les mystères de l'atavisme équatorial l'antidote personnel qui les met à l'abri du fléau.

Qui en pourra trouver le remède et l'antidote pour la race blanche ? Qui pourra même arriver à l'humble résultat de définir les conditions d'existence à conserver et les préceptes de la conduite à suivre ?

Souple et fugitif, le mal mystérieux semble défier toute observation et se rire de tous les remèdes. La victime qu'il a frappée est entre les mains du hasard et les médecins les plus instruits et les plus dévoués doivent se borner à administrer non des remèdes enrayant les progrès du mal, mais de simples palliatifs d'un effet plutôt moral que réel.

La seule conséquence que j'aie pu tirer des faits malheureusement trop fréquents dont il m'a été donné d'être témoin, c'est que la fièvre jaune est presque

constamment répandue dans l'atmosphère ambiante avec un degré de virulence plus ou moins exacerbé, selon les époques et les endroits, et que le poison s'empare de l'être humain, dès qu'un défaut d'équilibre tend à se manifester chez lui.

Ainsi, il serait difficile de citer dans l'Isthme beaucoup de morts par insolation, par la petite vérole ; et ces maux qui doivent attaquer les Européens à Panama aussi bien qu'ailleurs ne paraissent pas faire de victimes parmi les blancs, alors que les noirs, au contraire, souffrent beaucoup notamment de la petite vérole.

Il semble que la fièvre jaune soit la seule maladie qualifiée dans l'Isthme, et que toutes les autres ne jouent que le rôle d'avant-coureurs chargés de préparer le milieu propice au développement du poison et à ses mortels effets.

Si tout défaut d'équilibre dans la santé physique ou morale de l'homme peut ouvrir la porte au mal, il ne faut pas s'étonner que les nouveaux arrivés soient frappés plus durement et plus fréquemment que les autres.

La modification des habitudes de vie, l'obligation d'exister, de travailler et d'agir dans une sorte de bain ture continu, l'anxiété morale se produisant chez beaucoup d'hommes qui, se croyant fort bien trempés à distance, faiblissent au contact des dangers et des fatigues continuelles, au milieu de cette campagne mortelle qui enlève en quelques jours un ami arrivé avec vous plein de jeunesse et de santé, tout cela peut avoir pour effet d'ébranler profondément les ressorts mystérieux qui relient chez nous les appareils moraux et physiques, et pour conséquence d'ouvrir largement l'accès au mal.

Au bout d'un certain temps, surtout chez des natures fortes et jeunes qui supportent facilement les efforts excessifs de la vie et du travail dans ces régions, l'habitude de cette existence finit par se contracter ; mais ce serait folie de croire qu'on peut emprunter indéfiniment au réservoir d'énergie que tout homme porte en lui-même et le jour où la nature refuse de nouvelles avances, l'équilibre est rompu et un coup fatal peut être porté.

Il ne faut pas s'étonner, dans ces conditions, de l'invraisemblable émiettement des expéditions des agents de travaux.

Sur cent individus arrivés dans l'Isthme, je ne crois pas téméraire de dire que vingt en moyenne seulement ont pu rester à leurs postes sur les chantiers et encore, dans ce nombre, combien, présentant la santé physique strictement nécessaire, avaient perdu l'intégrité de leur valeur.

Les hommes agencés par la nature pour résister à d'aussi pénibles épreuves sont en réalité des objets rares, résultant de la rencontre simultanée d'une série de qualités physiques et morales qui ne se trouvent pas généralement réunies en même temps.

Comme il est impossible de discerner à l'avance les caractères bien doués de ceux qui ne le sont pas, une seule méthode peut être employée, — la sélection.

Il faut se résoudre à organiser une véritable sélection expérimentale, et c'est ce que la Compagnie de Panama avait dû faire.

Si l'on réfléchit au temps nécessaire pour choisir de cette façon un agent de valeur, capable de concourir même dans un rang modeste au succès de l'œuvre, si l'on pense aux frais que représentent les essais infructueux faits à côté, on reconnaîtra que l'une des pertes les plus graves et les moins facilement réparables, qu'ait faite l'entreprise du Canal par suite de la suspension des travaux, réside dans la dispersion de tout le personnel de sélection que représentait le grand et le petit état-major de l'exécution des travaux, dans la perte de ces hommes qu'un long triage avait permis de choisir et dont un travail prolongé et l'expérience de chaque jour sur les chantiers avaient développé le jugement et créé la valeur productive dans l'Isthme.

Il faudra, si l'on veut arriver vite et bien au succès final, chercher à retrouver les têtes de colonnes de ces travailleurs, non pas seulement les hommes qui avaient conservé dans l'Isthme le privilège de travailler comme dans leurs pays, mais les hommes encore beaucoup plus rares qui non seulement ont conservé les qualités physiques et intellectuelles qu'ils avaient en arrivant, mais ont su les développer et s'élever aux fonctions méritées de guider les autres et de constituer les chefferies des diverses parties de l'œuvre.

C'est autour de la constitution immédiate d'un système bien organisé d'administration et de direction supérieures, c'est autour des chefs qui seront placés dans les postes d'attaque et de combat que pivotera le succès de l'entreprise ; et puisque je parle ici des hommes, abstraction faite des fonctions, je dois ajouter que la perspective la plus enviable pour la reprise des travaux serait le retour dans l'Isthme de ceux qui seuls, à l'heure qu'il est, peuvent imprimer aux travaux la direction bonne et juste dès le premier coup de pioche.

Par malheur, il est à craindre que l'on ne trouve beaucoup de ces hommes engagés dans d'autres entreprises, partis, en un mot, dans une orientation différente de l'existence.

Sans pouvoir connaître ceux qu'on sera assez heureux pour revoir prêts au départ, le jour où sonnera la cloche de la reprise des travaux, je me borne à espérer pour l'avenir qu'on en trouvera une grande partie et que ceux qui seront chargés de les recruter ne se contenteront pas d'apprécier leur emploi futur par les titres qu'ils ont portés ou les fonctions qu'ils ont remplies nominale-ment, car les plus déplorables méprises pourraient être commises. Le seul criterium de la valeur de l'homme, c'est le travail réel effectué et l'œuvre réalisée. Il n'en est pas d'autres du reste pas plus dans l'Isthme qu'en aucun autre lieu du monde.

Au point de vue du personnel ouvrier, il faut compter encore avec l'expérience d'antan.

De toutes les catégories d'ouvriers venus dans l'Isthme, deux seules avaient

une valeur réelle et sérieuse. Les colombiens de la côte ferme et les noirs des Antilles anglaises, plus particulièrement de la Jamaïque.

Les nègres de nos colonies, qu'il eût été si désirable de voir travailler à une œuvre française et reporter dans notre pays une partie des salaires qu'ils auraient reçus, n'ont jamais fourni de terrassiers.

La brusque libération de 1848, accompagnée de la dignité de citoyen français, a, dans cette race trop peu développée, provoqué une complète et profonde confusion entre les idées de liberté et de travail.

Habités depuis de longues années à considérer l'oïveté de leurs maîtres comme l'emblème et l'apanage de la liberté et de la dignité de citoyen, ces malheureux esclaves ont appliqué naturellement à leur nouvel état les conceptions antérieures.

Cette façon d'envisager la liberté comme le droit à l'oïveté si tentante dans les pays chauds, a eu pour conséquence une généralisation de la paresse, avec l'accompagnement de toutes les maladies morales qui en découlent, et cela a jeté dans toutes ces malheureuses régions un affaiblissement intense de la notion des devoirs sociaux.

Déshabitués de l'action, incapables d'efforts réels, en proie à des maladies débilitantes qui leur rendent toute énergie de travail difficile et pénible, ces populations affaiblies n'ont pu constituer à Panama, même quelques bataillons de la grande armée des travailleurs.

Elle doit se recruter à nouveau comme la première fois dans les Antilles anglaises.

Dans ces colonies, la libération du nègre ne lui a pas fait oublier sa place naturelle, et s'il avait eu quelque tendance à en perdre le souvenir, ses maîtres de la veille, ses supérieurs d'aujourd'hui, auraient su le lui rappeler.

La race s'est conservée intelligente et forte, et, en quelques années, de ces cultivateurs de café on a pu faire des mécaniciens et des chauffeurs capables de conduire des locomotives; on a fait même des terrassiers chargeants aux grands wagons, ce qui représente un effort de travail considérable dans ces pays chauds.

En résumé, cette catégorie d'ouvriers a donné des satisfactions relatives; en tout cas, c'est la catégorie certainement la plus élevée de travailleurs qui soit venue s'employer au Canal et à ce titre il convient de recommander de chercher dans ce même milieu et, si possible, de faire revenir les anciens travailleurs déjà familiarisés avec le pays.

Si j'ai payé le tribut de félicitations que je crois devoir à ces braves ouvriers, je craindrais d'un autre côté d'induire en erreur le lecteur en ne me hâtant pas d'ajouter que si ces noirs fournissent quelque travail, c'est toujours et inévitablement, à de rares exceptions près, d'un travail de manœuvre qu'il s'agit.

C'est là une notion sur laquelle je veux dès maintenant insister: car c'est en réalité ce qui détermine des questions de l'ordre le plus élevé et le plus grave.

Tout homme qui conçoit un système de travaux ou de machineries exi-

CANAL INTEROCÉANIQUE DE PANAMA



TYPES D'OUVRIERS NOIRS EMPLOYÉS AUX TRAVAUX.

geant en masse autre chose que de la main-d'œuvre aveugle et brutale, commet la plus lourde, la plus impardonnable des erreurs. Il se heurte non à une question d'argent, mais à une impossibilité matérielle. Certes, je ne prétends pas dire que des ouvriers d'art soient introuvables, mais ils sont en quantité restreinte, et leur travail laisse toujours beaucoup à désirer. C'est ainsi que l'on a pu former des mécaniciens nègres pour la conduite des locomotives. mais cela représentait quelques centaines d'individus.

Déjà difficile, la création de cette équipe d'élite fût devenue impossible si la nature du travail eût exigé plusieurs milliers de ces ouvriers de choix.

En faisant la part des exceptions, on peut dire que, en masse, les ouvriers blancs, seuls, apportent, dans ce qu'ils font, la conscience du devoir à accomplir et la vanité de l'ouvrage bien présenté. Le nègre, avec son laisser-aller et son sentiment de maraudeur, n'est pas capable de cette notion.

Or, l'ouvrier blanc ne peut pas travailler dans l'Isthme : tout effort physique violent peut devenir mortel et équivaut presque à une condamnation certaine, s'il est prolongé comme le travail du forgeron, du maçon, du mineur.

Le blanc, dans ces pays, doit surveiller, diriger le travail, le nègre seul, en raison de son indépendance de la fièvre jaune et de sa constitution spéciale, peut travailler effectivement.

En résumé, c'est aux Antilles anglaises que l'on trouvera encore les bons ouvriers au meilleur compte. Il faut frapper là, et non ailleurs ; mais il faut se souvenir que ces ouvriers sont des manœuvres, et rien que cela... et que vouloir grouper un nombre important d'ouvriers d'art dans l'Isthme est une tentative ridicule et chimérique. Il en résulte que les travaux doivent être conçus et exécutés de façon à éviter l'intervention de la main-d'œuvre intelligente, sauf à titre exceptionnel, et se baser uniquement sur l'emploi des manœuvres pour la grande masse des travaux.

DESCRIPTION DES PROCÉDÉS D'EXÉCUTION APPROPRIÉS AUX DIFFÉRENTES PARTIES DU CANAL

VALLÉE DU CHAGRES

Dans toute la vallée du Chagres, la nature du terrain et la présence de l'eau font de la drague l'instrument par excellence de l'excavation. Les qualités qu'elle tire de sa situation sur l'eau, sa stabilité sur cet élément, ses rapides déplacements qui la soustraient aux conséquences des éboulements,

la continuité de son mouvement, font de la drague un outil infiniment supérieur à l'excavateur. Ce dernier, roulant lentement sa pesante masse sur une voie ferrée, est soumis à tous les hasards des glissements de terrains qui le renversent, des fondrières où il s'enlize, tordant la voie qui le supporte.

Avec la drague, la pluie, le grand ennemi des travaux, n'a plus d'influence, puisque le personnel est à l'abri : le soleil qui est un ennemi, lui aussi, en ce sens qu'il est trop souvent la première cause du mal qui fauche les travailleurs, est mis hors d'état de nuire.

Sous le toit qui les couvre, avec l'absence d'efforts physiques, et la possibilité de s'asseoir de temps à autre, tout en surveillant la marche du dragage, les travailleurs sont réellement en possession de l'instrument qui leur convient par excellence sous ces climats torrides, à pluies diluviennes et où la perpétuelle humidité rend les efforts physiques si pénibles et l'on peut dire également si dangereux.

Aussi peut-on réaliser avec la drague ce qu'il est absolument impossible d'obtenir avec les excavateurs à sec, et notamment le travail de nuit.

A bord des dragues, le travail de nuit s'organise avec facilité ; les accidents qui surviennent pendant ces périodes ne sont pas notablement supérieurs à ceux du jour et la production horaire ne diminue pas sensiblement.

Au contraire, toute tentative d'organisation de travail de nuit, mettant en mouvement des excavateurs roulant sur rails et desservis par la circulation des trains, a toujours été suivie d'un tel nombre d'accidents que les conséquences en ont paralysé le travail des jours suivants dans des proportions incomparablement supérieures au faible cube supplémentaire obtenu.

Aussi, le travail d'excavation à sec et de transport des déblais par trains doit-il être considéré comme une réelle impossibilité pendant la nuit, étant donnée la catégorie inférieure de travailleurs sur laquelle il faut compter, ainsi que leur manque de soins et de prévoyance.

Dans les chantiers à sec très actifs, comme ceux de la Culebra ou des fouilles d'écluses, le travail de nuit a toujours néanmoins existé, mais il se limitait uniquement à la catégorie de travaux pour lesquels une malfaçon ne pouvait entraîner d'accidents à conséquences prolongées, tels que le déplacement et la réparation des voies ferrées, l'aménagement des décharges, le nettoyage et l'enlèvement des éboulements et tous autres travaux n'exigeant pas le déplacement des locomotives, wagons ou excavateurs.

La drague, elle, est soustraite à ces influences, et si le travail des godets est mal dirigé, la chaîne s'arrête, avertissant ainsi elle-même de la négligence commise. Si un éboulement la menace, il est facile d'en distinguer l'approche, en raison d'un éclairage concentré et puissant et, s'en aperçût-on au dernier moment, en quelques secondes une traction de chaîne la met hors de portée. Dans les chantiers à sec, au contraire, les manœuvres sont longues, et la surveillance, qui doit faire prévoir le danger longtemps d'avance, faisant ordi-

nairement défaut la nuit, le signale trop tard, alors que la retraite de l'excavateur sur les rails est déjà devenue impossible.

En outre, et ce qui contribue à rendre encore le travail de nuit des dragues si satisfaisant, c'est l'espace étroit et parfaitement éclairé où se meut un nombre assez grand de travailleurs : l'agitation qui en résulte éloigne nécessairement la tendance au sommeil.

Un autre avantage de la drague et qui, au point de vue administratif, est inappréciable, c'est le contrôle exact et précis du nombre des ouvriers employés qui résulte de ce fait qu'une drague ne peut employer qu'un nombre défini de travailleurs.

Dans un chantier de terrassements à sec, suivant la nature du terrain, suivant les difficultés spéciales rencontrées en tel ou tel point, les dépenses d'extraction peuvent varier dans des proportions invraisemblables.

Un excavateur, travaillant à 300 mètres d'un autre, peut exiger des équipes trois fois plus nombreuses et exécuter quatre fois moins de mètres cubes par jour. Le prix de revient peut ainsi différer dans la proportion de 1 à 12 et cela dans deux points presque immédiatement voisins.

A distance il est impossible de juger si une telle différence est justifiée et si l'excavateur qui dépense douze fois plus que l'autre est bien ou mal dirigé.

Il est tel cas où, pour ne pas dépasser cette proportion, le chef de chantier doit faire de réels prodiges de valeur, de dévouement et de persévérante énergie.

Si la volonté qui inspire et qui dirige n'est pas là constamment sur place pour dicter les solutions et apprécier leurs effets, si la direction suprême en définitive, celle qui tirera tous les profits matériels et moraux du succès, celle qui subira toutes les conséquences de l'échec, n'est pas constamment présente, qui pourra apprécier si telle dépense élevée, par mètre cube, n'est pas justifiée, souvent beaucoup plus qu'une dépense restreinte, à certains endroits? Dans l'Isthme, plus que partout ailleurs, il faut savoir bien souvent dépenser largement pour triompher d'une difficulté et ne pas être constamment pré-occupé de réaliser une production à bon marché.

Avec la drague, au contraire, rien de tout cela ne se produit : la compacité plus ou moins grande du terrain dragable, son amollissement extrême ou un durcissement exagéré sous certaines influences locales, pèsent relativement peu sur son rendement ordinaire moyen, et se traduisent uniquement par une tension, plus ou moins grande, des chaînes d'avancement.

La drague, en général, ne distingue que deux catégories de terrains : ceux qu'elle mord directement, sans préparation, et ceux qui doivent être préparés, disloqués et rompus par l'effet des mines, pour être rendus dragables.

De plus, si d'un côté la nature des terrains pèse peu sur le rendement des dragues, on peut, d'un autre côté, dire qu'elle a une influence absolument nulle sur le nombre des ouvriers attachés au service de l'appareil.

Il en résulte que le rendement et le prix de revient peuvent être facilement

contrôlés de loin, et qu'une entreprise ne comportant que des appareils de cette nature, une fois mise en marche, peut être surveillée étroitement même de l'autre côté de l'Océan. En un mot, les seules allérations qui puissent se produire dans les résultats du travail sont dues, non pas aux conditions de l'exécution, mais bien à un affaiblissement dans la vigueur, et le zèle des agents de l'exécution. Si, par suite, la marche des travaux se ralentit sur telle ou telle attaque, on peut, à distance, en percevoir *à priori* la raison et prendre les mesures nécessaires, tandis que l'appréciation des causes qui peuvent influencer sur le rendement d'un chantier à sec, sont d'un ordre tellement complexe, qu'il est impossible d'en dégager la philosophie à distance.

C'est là un côté de la question que l'on ne saurait négliger, car il explique comment de grandes affaires de dragage peuvent être facilement dirigées à distance, alors que les travaux à sec ne peuvent l'être dans ces conditions.

Il faudrait se souvenir de cette remarque dans la réorganisation des travaux et dans la répartition du personnel, réserver pour les travaux à sec l'élite des hommes de valeur et d'action, qui seront mis à la tête des différentes parties de l'exécution.

Après avoir exposé dans des termes très généraux les avantages de l'emploi des dragues pour l'excavation dans l'Isthme, achevons ces considérations en définissant les qualités qu'il faut rechercher dans leur construction, afin de leur permettre de rendre le maximum de services.

Nous traiterons cette question, bien qu'elle ne semble pas être intimement liée à l'avenir du Canal, mais elle permettra de saisir, combien des erreurs, en apparence insignifiantes, peuvent peser lourdement sur le développement de toute une affaire et même compromettre gravement son existence même.

La connaissance qu'a maintenant le lecteur de la qualité inférieure du personnel ouvrier, de la fragilité et de la mobilité du personnel blanc, de l'extrême difficulté qu'il y a à recruter et à conserver des ouvriers d'art, connaissant bien leur métier, lui fera comprendre facilement que la première qualité d'une drague est la simplicité du mécanisme et une grande facilité de réparation.

Plus une machine a d'organes, plus il y a de probabilités que l'un se fatiguera, se cassera et que sa rupture entraînera l'arrêt de l'instrument et, par suite, le paiement stérile et infécond de la même quantité d'hommes sans travail utile réalisé.

Il faut, en outre, que l'organe brisé puisse être facilement remis en ordre, pour éviter une prolongation inutile de la perte de temps qu'il entraîne.

Or, si toutes les dragues ont une partie commune, à savoir, le chapelet de godets et le tourteau supérieur, c'est-à-dire la chaîne dragueuse et la pièce mécanique qui, placée au point le plus élevé de cette chaîne, lui imprime son mouvement, elles diffèrent beaucoup suivant la façon de produire la rotation du tourteau lui-même.

Certains ingénieurs estiment qu'il ne doit pas y avoir une communication

rigide entre la machine à vapeur et ce tourteau, et cela en prévision de la rencontre d'un obstacle fixe qui, immobilisant brusquement la chaîne dragueuse, arrêterait du même coup le tourteau, ses engrenages et enfin la machine à vapeur elle-même.

Et pour cela, ils interposent, dans les organes de transmission du mouvement de la machine au tourteau, des cônes de frictions réglés de telle manière qu'il se produise un glissement en cas d'arrêt brusque de la chaîne à godets, glissement qui évite lui-même l'arrêt brusque de la machine à vapeur.

Dans les premières dragues dites de 60 chevaux, amenées au début des travaux, la machine à vapeur actionnait des cônes de friction, qui transmettaient le mouvement par simple contact à d'autres cônes de friction sur l'axe desquels était fixé un pignon actionnant à son tour une chaîne galle qui mettait en mouvement le tourteau.

Si l'hypothèse d'un obstacle imprévu se réalise, la chaîne à godets dont le mouvement est suspendu retient le tourteau, puis la chaîne galle qui, à son tour, immobilise la seconde série de cônes de friction.

La limite du frottement est alors dépassée, et le premier cône, sous l'influence de la machine motrice continue son mouvement malgré l'arrêt brusque de la chaîne.

On comprendra, par cette simple explication déjà, quelle complication est introduite dans la transmission du mouvement, les cônes de friction s'usent rapidement et, comme ce sont des pièces importantes, il faut les réparer avec soin; leur sortie et leur entrée constituent à elles seules des véritables opérations; d'autre part la chaîne galle s'allonge peu à peu et, devenue trop molle, a des tendances aux déraillements.

La vitesse avec laquelle le pignon tourne favorise ce mouvement, il en résulte des avaries et des pertes de temps.

En outre, ces mêmes dragues conçues évidemment pour des régions où les ouvriers habiles et soigneux sont nombreux, et où la consommation de charbon représente une importante part de la dépense, sont à double expansion, et à condenseur.

Cette économie de charbon, qui part à coup sûr d'une intention louable, est pour l'Isthme une erreur et une faute. Tout doit être sacrifié à la facile réparation et à la simplicité de marche des appareils!

L'introduction des mécanismes, si peu compliqués qu'ils soient, qui résultent de la condensation et de la double expansion, l'obligation d'avoir des mécaniciens de choix et les difficultés, parfois les impossibilités, qui surgissent lorsqu'il faut réparer un de ces organes, tous ces obstacles se traduisent par une série de pertes de temps et de pertes d'argent, qui compensent bien largement la maigre économie faite sur la consommation de charbon.

Ce type de drague est donc à tous égards trop compliqué.

La Compagnie, postérieurement à l'envoi de ces petites dragues qui ont

commencé les travaux, en a fait acheminer vers l'Isthme de plus résistantes, ayant 180 chevaux de puissance effective.

Ces dragues sont magnifiques. Elles représentent certainement un des types les plus complets de la machine à draguer, solide et puissamment membrée.

Ici on a complètement négligé la précaution traitée plus haut; on a admis la transmission directe par engrenage du mouvement de la machine au tourteau et le calcul des engrenages a été fait en vue de supporter le choc pouvant résulter de l'arrêt brusque de la chaîne.

Mais le reproche qu'il faut encore leur faire est la complication exagérée de leurs machines à double expansion et à condensation qui exigent des mécaniciens experts et soigneux.

En outre, leur montage est délicat; la moindre erreur dans la disposition réciproque de la série d'engrenages qui relie le tourteau à l'arbre de couche de la machine suffirait à en fausser le fonctionnement.

J'ai trouvé, en Hollande, en 1887, un nouveau type de drague bien adapté à l'Isthme et à ses nécessités, un système qui répond à tous les desiderata du travail dans l'Isthme.

Il consiste à n'employer que des machines à simple expansion dites machines à haute pression, du type des machines de locomotive, la moins économique mais la plus simple et la plus rudimentaire.

A l'extrémité de l'arbre de couche horizontal commandé par la machine à vapeur se trouvent deux volants sur lesquels passent des courroies qui vont, à la partie supérieure du beffroi, transmettre le mouvement à un arbre qui, par l'intermédiaire d'engrenages réducteurs de vitesse, actionne le tourteau et par suite la chaîne dragueuse.

Dans ce type, les organes sont réduits à leur plus stricte simplicité, et tout est sacrifié au désir de rendre aisée la manœuvre par le plus ignorant des mécaniciens.

La courroie fournit une transmission évidemment plus coûteuse, exigeant plus de changements que la chaîne galle; mais si elle dépense plus d'argent, elle économise plus de temps, évite les chocs dus à l'arrêt brusque de la chaîne et remplace à elle seule l'ensemble de la chaîne galle et des cônes de friction des dragues de 60 chevaux.

C'est le type de drague que j'ai choisi pour les travaux de la Culebra, le dernier qui ait été commandé pour les travaux du Canal : le plus banal, le plus simple, celui auquel il eût été bien heureux qu'on se ralliât tout d'abord.

Mais il ne suffit pas que la drague soit d'un mécanisme facile et simple, il faut encore, et c'est une condition de première importance, dans un pays neuf, qu'elle soit d'un montage facile et rapide.

Or, et c'est là une faute qui a terriblement pesé sur les destinées de la Compagnie, l'étude et la conception d'un montage simplifié n'ont pas été observées

comme des questions d'une haute gravité ainsi qu'elles méritaient de l'être.

Les morceaux des grandes dragues de 180 chevaux ont été envoyés séparément, complètement disjoints et isolés les uns des autres, les plaques de tôle d'un côté, les boulons, les rivets, les pièces de machines de l'autre.

La distribution de l'infinité de colis séparés correspondant à chaque drague a constitué une première difficulté, la similitude des pièces et des marques, souvent d'ailleurs à demi effacées, a produit, lors de l'arrivée simultanée d'un grand nombre d'appareils, des confusions multiples qui ne se sont révélées qu'au fur et à mesure du montage.

Il en est résulté des erreurs, des recherches, même des suspensions de montage, par suite de la disparition d'un élément secondaire en apparence, mais indispensable, lorsqu'on est à cinq mille milles des usines de construction.

En outre, la juxtaposition de toutes ces pièces élémentaires les unes avec les autres, la nécessité de poser chaque rivet et chaque boulon prévu dans la coque, constituait pour l'ensemble de l'Isthme, pour la totalité des dragues, un de ces travaux de nature spéciale et de sujétion que j'ai déjà signalés à diverses reprises, comme pouvant faire échouer les conceptions paraissant de prime abord les mieux étayées.

En effet, les dragues de 180 chevaux, commandées en 1883, dont une partie commençait à arriver dans l'Isthme, en 1884, n'ont été en réalité toutes montées qu'en 1888.

Je n'eus garde de tomber dans la même erreur, lorsque j'eus à commander au printemps de 1887, les dragues destinées à Culebra.

Partant de ce principe, que tout ce qui constitue autre chose qu'un travail de manœuvre est une grosse difficulté dans l'Isthme, et que, par suite, l'assemblage, le rivetage, le montage des coques et machines est, à Panama, un gros problème d'une solution lente et coûteuse, je résolus de transporter, dans l'Isthme, les dragues par tronçons aussi gros que possible.

Je n'étais limité que par la capacité de transport du *Panama Railroad*. Or, un wagon plate-forme peut supporter facilement des colis ayant 9 mètres de longueur, 5 mètres de hauteur et 2^m,50 de largeur, soit environ 100 mètres cubes de volume.

Portant au maximum la dimension des fragments de drague, je devais arriver à obtenir le minimum de travail dans l'Isthme.

De plus, des colis de cette dimension ne courent plus risque de s'égarer et ne se déchargent pas à la légère du wagon mal adressé.

Toutefois, pour éviter encore une erreur dans les expéditions, j'exigeai que tous les colis d'une même drague fussent peints de la même couleur, afin que, même pour le plus inintelligent et le moins attentif des agents, l'erreur de direction sautât brutalement aux yeux, sans qu'il fût besoin de rechercher les marques et les repères.

Grâce à ces mesures bien simples, l'ensemble du temps employé pour

l'exécution des dragues en Europe, le transport à Colon, le déchargement, l'acheminement au chantier de montage et enfin au montage proprement dit, n'a pas dépassé une année.

Combien eussent été, peut-être, changées les destinées du Canal, si, vers la fin de 1885, toutes ses dragues avaient été en batterie, comme il eût été possible de le faire avec des types plus simples et mieux appropriés. Sans doute, cela n'aurait point diminué le problème de la Culebra, ni plus rapidement excavé le massif central, cela n'aurait pas par suite avancé d'une minute l'inauguration finale, mais si une magnifique démonstration eût été faite en temps utile, si l'on eût pu inaugurer en 1888 les deux tiers du Canal et des dérivations, la confiance publique ne se serait pas affaissée, on aurait accordé le crédit de temps nécessaire pour achever ; l'œuvre entreprise n'aurait point été frappée au cœur.

Les regrets sont stériles, mais il n'est pas inutile de citer ce fait pour bien faire luire aux yeux les incalculables conséquences qu'une légère erreur de direction, commise au début, peut produire.

Après avoir développé la question du dragage en général, passons au chapitre spécial des terrassements, des travaux dans la vallée du Chagres.

Le travail de terrassement comprend non seulement l'excavation, mais encore le transport hors de la fouille jusqu'au lieu de dépôt.

Or, la drague est l'outil de l'excavation proprement dite.

Elle attaque le terrain avec ses godets, élève au-dessus de l'eau le produit du dragage, mais au moment où le godet vient exécuter sa révolution autour du tourteau et où son contenu s'échappe, il faut recueillir le produit de l'excavation et le transporter au lieu de dépôt.

Le moyen le plus simple et le plus élémentaire de transport à la décharge, a été inventé par M. Lavalley pour les besoins de la construction du canal de Suez, et c'est à cette idée simple et géniale que l'on doit en grande partie le merveilleux développement des travaux de cette grande voie maritime.

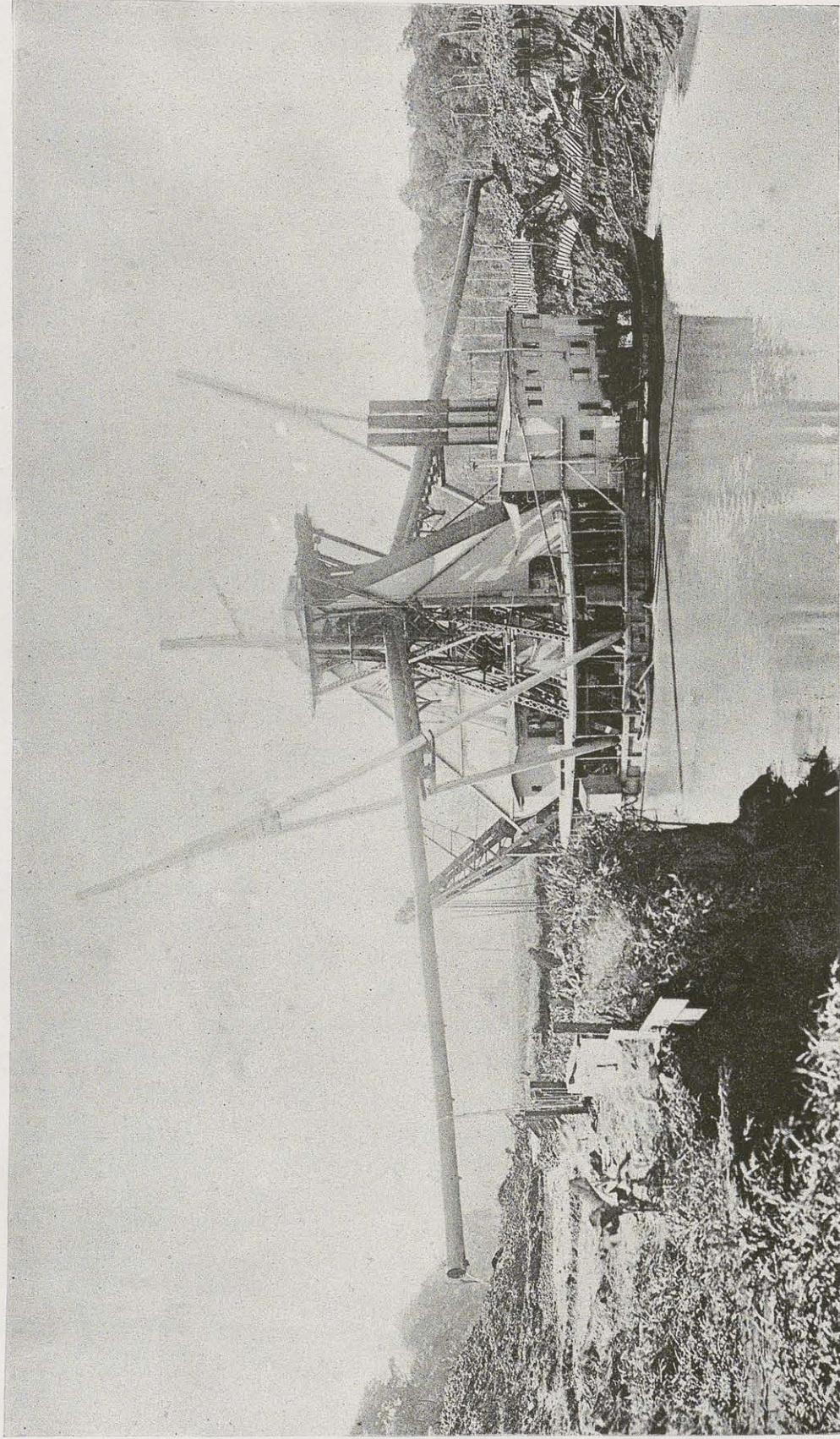
Il consiste à recevoir les produits du dragage, au moment où ils s'échappent des godets, dans un couloir incliné vers la berge et suspendu à la drague par une chèvre.

L'inclinaison du couloir, jointe à l'addition d'une certaine quantité d'eau, permet l'entraînement des déblais dans une sorte de petit torrent artificiel qui les amène sur la berge, à une certaine distance des bords de la fouille.

L'état de semi-fluidité des déblais aurait pour résultat d'en faire retourner une certaine partie dans le Canal, mais l'on s'oppose à cet entraînement, à l'aide de petits cavaliers, soit en terre, soit en feuillage retenus par des échelas fichés dans le sol. L'écoulement des eaux se fait alors en sens inverse et les déblais déposés s'étalent suivant un talus très doux, occupant sur le sol une grande largeur et une faible hauteur et ne chargeant pas la crête du talus.

CANAL INTEROCÉANIQUE DE PANAMA

(TRAVAUX DE LA VALLÉE DU CHAGRES)

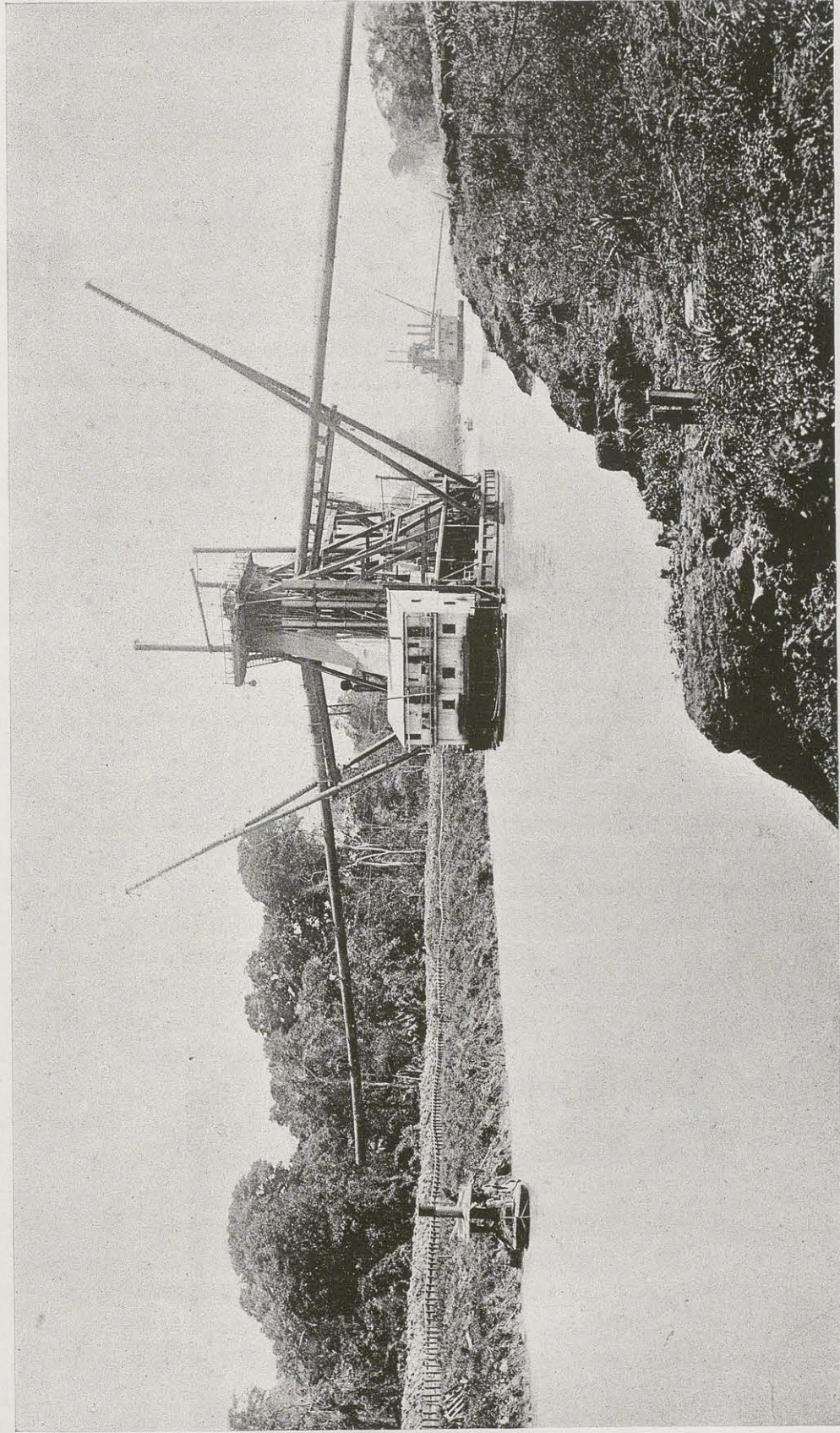


DRAGUE A LONG COULOIR OUVRANT LA PREMIERE PASSE ENTRE GATUN ET BOHIO

Cette vue photographique est prise à l'arrière de la drague et montre les incidents du travail. La hauteur à laquelle sont élevés les déblais par la chaîne dragueuse est d'environ 21 mètres au-dessus du niveau de l'eau

CANAL INTEROCCÉANIQUE DE PANAMA

(TRAVAUX DE LA VALLÉE DU CHAGRES)



DEUX DRAGUES A LONG COULOIR APPROFONDISSANT LE CANAL DÉJÀ OUVERT A PLEINE LARGEUR

On aperçoit à gauche les cavaliers de déblais déversés par les couloirs des dragues sur les bords du Canal. Cette vue photographique, prise vers le kilomètre 42, donne l'aspect général des travaux exécutés sur les 20 premiers kilomètres du tracé, sauf à la rencontre des buttes du Mindi.

Dans ces conditions, la drague, munie de cet appendice latéral, est dite « drague à long couloir » ; elle remplit elle-même, grâce aux couloirs qui la complètent, l'office du transporteur à la décharge.

Cette méthode est la plus simple, la plus parfaite, chaque fois que la configuration du terrain s'y prête. Elle permet le transport de toutes les qualités et toutes les catégories de terrains dragués, depuis les plus mous jusqu'aux plus compacts, pourvu que la pente ne soit pas inférieure, dans le couloir, à 12 ou 13 p. 100, et que la quantité d'eau qu'on y projette avec les déblais soit suffisante. Mais on comprendra que, la totalité du terrain excavé venant se placer en cavalier sur les côtés du Canal suivant une direction parallèle à l'axe, il faut qu'entre l'extrémité du couloir et le terrain naturel une place suffisante soit ménagée pour y loger les terres rejetées par le couloir ; si les terres sont très molles et ont peu de cohésion entre elles, comme des sables vasards par exemple, la distance peut être très réduite : 1 ou 2 mètres. Si le terrain est composé de morceaux d'argile qui tendent à se coller les uns aux autres après leur chute, le cavalier s'exhausse rapidement, et alors le bout du couloir peut venir à s'appuyer sur les déblais déposés, auquel cas le dégorgeement ne peut plus se faire, et les mouvements de la drague sont empêchés.

En général, il n'est pas prudent de laisser moins de 4 à 5 mètres de distance entre l'extrémité du couloir et le sol naturel.

Si les berges ont peu de relief au-dessus de l'eau, comme dans les marais que traverse le Canal entre le Chagres et Colon (moins de 1 mètre en général), la hauteur à laquelle devront être élevées les terres au-dessus de l'eau peut se calculer aisément.

En effet, depuis l'axe du tourteau supérieur jusqu'au point d'origine du couloir, il faut compter une chute de 2^m,50 environ. Si l'on y ajoute la différence de niveau entre l'origine et l'extrémité des couloirs, soit 6^m,50 (à raison d'une pente de 13 centimètres par mètre, sur 50 mètres), on trouve déjà ainsi 9 mètres de distance verticale entre l'axe du tourteau et l'extrémité du couloir.

Si les berges ont 1 mètre de relief au-dessus de l'eau, et si on veut un espace libre de 4 mètres entre l'extrémité du couloir et le sol naturel, il faudra avoir un beffroi de hauteur suffisante pour que le tourteau supérieur soit à 14 mètres au-dessus de l'eau.

Ce sont des dragues répondant à ces conditions que la Société américaine avait amenées dans l'Isthme dès l'origine des travaux : ces dragues fonctionnèrent fort bien dans les plaines basses dont nous venons de parler : elles étaient au nombre de quatre, mais le désir de commencer les travaux du Canal dans la vallée du Chagres amena à en envoyer deux à Gatun.

Elles purent entrer par l'embouchure du Chagres, grâce à des manœuvres très délicates, mais qui furent conduites avec adresse et réussirent bien.

Ces dragues attaquèrent le Canal en deux points différents, profitant de l'intersection du tracé avec le fleuve, mais se trouvèrent là en présence d'un

terrain ayant non plus un relief de 1 mètre, mais bien de 4 mètres au-dessus de la rivière, et cela avec un sol compact et collant. Les conditions normales de leur travail furent alors profondément troublées.

Pour relever l'extrémité du couloir, la pente fut diminuée, ce qui amena des engorgements fréquents, et malgré tout, l'espace insuffisant, laissé entre cette extrémité et le sol naturel, amenait à chaque instant le couloir à reposer sur les déblais.

Il fallait alors le dégager, aplanir à la main la banquette, en rejetant latéralement les produits du dragage.

Ce travail boiteux et irrationnel cessa vers l'époque à laquelle je pris charge de la direction des travaux de Colon; les dragues furent placées l'une dans la dérivation du Gatuncillo, où le relief du sol était beaucoup plus réduit pendant que l'autre, marchant vers Colon, après avoir à grand'peine traversé les parties hautes du tracé, retrouva des terrains au relief peu accusé, ce qui lui permit de fonctionner à nouveau dans les conditions normales.

Pendant que cette pénible expérience se produisait, la Société américaine qui avait, au milieu de 1884, contracté un engagement important avec la Compagnie du Canal, en vue de dragages à exécuter dans toute la vallée du Chagres, faisait, en prévision des hautes berges qu'elle allait rencontrer, construire des dragues du même type que celles déjà en usage, mais ayant un beffroi beaucoup plus élevé, supportant un tourteau supérieur situé à environ 21 mètres au-dessus de l'eau, ce qui plaçait l'extrémité du couloir à 12 mètres environ au-dessus du même niveau.

Ces dragues pouvaient donc attaquer des plaines ayant un relief de 7 mètres au-dessus de l'eau, tout en laissant 5 mètres de libre entre le sol et le bout du couloir. Elles étaient donc parfaitement conçues pour le travail des hautes berges. Aussi, leur succès fut-il complet, et, grâce à ces magnifiques machines, la Société américaine exécuta en trois ans un cube considérable.

Ces dragues s'avancèrent jusque vers le kilomètre 20 sur le Canal, exécutant en même temps d'importants travaux dans les dérivations latérales du Chagres.

Malgré la grande hauteur du beffroi, et bien que les dragues fussent munies d'un double couloir, ce qui leur permettait de subdiviser la décharge en deux parties et de verser les déblais sur les deux berges à la fois, malgré ces perfectionnements, dis-je, la quantité de déblais excavés dans les emprises du Canal était assez grande pour que, dans certaines parties du tracé où le terrain s'enflait particulièrement, la marge du couloir devint encore trop faible.

Aussi la Société américaine imagina-t-elle un nouveau procédé de travail, qui, non seulement lui fournit toute la latitude voulue, mais encore lui permit d'employer avec avantage les dragues moins grandes du début et cela dans des conditions topographiques qui eussent rendu leur emploi impossible autrefois.

Le dégagement et la décharge du couloir étant intimement liés au relief du sol excavé, au-dessus du niveau de l'eau, et l'emploi des petites dragues devenant mauvais, dès que ce relief dépassait 1 mètre, de même que la marche des grandes commençait à souffrir avec un relief de 7 mètres, la Société eut la très ingénieuse et très juste idée de surélever artificiellement le niveau de flottaison de ses instruments de travail.

A cet effet, les dragues amenées par le Chagres au point d'attaque commençaient à excaver un bout de canal de 100 à 200 mètres de longueur environ.

Puis, au lieu de laisser la communication ouverte avec le fleuve, un barrage de terre était construit dans cet élément de canal aux eaux dormantes. L'ouvrage une fois constitué, de puissantes pompes centrifuges venaient verser derrière lui de l'eau puisée dans la rivière ; l'on constituait ainsi un bief surélevé dont le niveau pouvait au besoin venir affleurer le bord du sol naturel.

La drague montant avec le niveau de l'eau retrouvait les conditions d'exécution qu'elle avait dans les bas marécages des environs de Colon.

Il est vrai qu'au lieu d'avoir à faire une fouille ayant une profondeur de 9 mètres environ au-dessous de l'eau, elle avait à creuser cette profondeur augmentée de l'exhaussement artificiel donné au niveau de l'eau.

Les élinges furent modifiées de façon à permettre l'excavation à la profondeur requise, et le nouveau système eut un plein succès.

Tels sont les types de machines et les procédés de travail employés dans les vingt premiers kilomètres du canal.

On peut dire qu'ils représentent la solution économique de l'excavation dans cette première partie de la vallée du Chagres. Est-ce à dire qu'il en soit de même pour la seconde partie, et que même, là où ont travaillé les dragues américaines, il n'y ait pas mieux à faire à un prix peut-être un peu plus élevé?

Le problème posé à l'ingénieur ne consiste pas simplement à creuser un vaste sillon à travers la vallée et à se débarrasser au meilleur compte possible des terrains enlevés.

Si l'on se bornait à ces termes, on pourrait dire que les dragues américaines constitueraient la solution complète et définitive, mais il n'en est pas ainsi.

Les terres enlevées de certains points peuvent être, non seulement utiles, mais précieuses, même indispensables en certains autres. Quel que soit le plan adopté pour le Canal, il doit exister, sur une longueur plus ou moins grande, une dérivation du Chagres, dont les eaux doivent rester normalement séparées de lui.

Or, ces dérivations emploient, autant que faire se peut, le lit même du Chagres, dès que cela est possible.

Il est donc indispensable, étant données les intersections nombreuses du Canal et du Chagres, d'établir dans le lit de la rivière, en certains points, des barrages interceptant le cours de l'eau et forçant le fleuve à suivre le lit artificiel que l'on lui crée pour modifier son cours naturel.

Quels que soient les procédés de construction employés pour ces barrages de dérivation, il va sans dire qu'il faudra derrière le barrage entasser autant de milliers de mètres cubes qu'il sera possible de le faire et remplir de terre le lit du fleuve sur plusieurs centaines de mètres de longueur, de façon à créer une masse morte tellement considérable, qu'aucun effort de la nature ne puisse la rompre.

D'autre part, il faudra dans ces dérivations chercher à maintenir les crues du fleuve, autant que possible, en cas de débordement, car il n'est pas indifférent de laisser les eaux d'inondation envahir le Canal en tel ou tel point.

Or le Canal est naturellement protégé par ses berges lorsqu'elles sont élevées; mais il existe des points où ces berges s'affaissent et qui seront les points d'élection par lesquels chercheront à s'épancher de préférence les eaux d'inondation.

Il faut racheter ces causes locales d'infériorité en garnissant la berge, en ces points déprimés, d'un remblai substantiel qui servira au Canal de boulevard contre l'invasion des eaux.

Pour toutes ces raisons, l'emploi judicieux des terrains excavés est indispensable, et il n'est pas indifférent de les déposer ici ou là.

Or l'emploi des dragues à long couloir interdit cette répartition logique des produits de l'excavation.

Les déblais sont rejetés là où ils sont extraits, et si des terrains sont nécessaires ailleurs, il faudra un travail spécial pour les obtenir.

Or il est facile d'obtenir le *desideratum* indiqué, en scindant en deux parties l'action de la drague à long couloir.

La drague à long couloir résulte de la concrétion de deux instruments : la drague et l'élévateur.

Réunir ces deux machines en une seule est certainement économique, mais comme cela se produit bien souvent, les différents organes similaires ont des rôles différents à jouer comme pièces de drague et comme pièces d'élévateur, et la drague à long couloir, comme toute machine hybride, possède donc des pièces qui ne peuvent avoir simultanément les déterminations qui conviennent à l'un et à l'autre de leurs rôles.

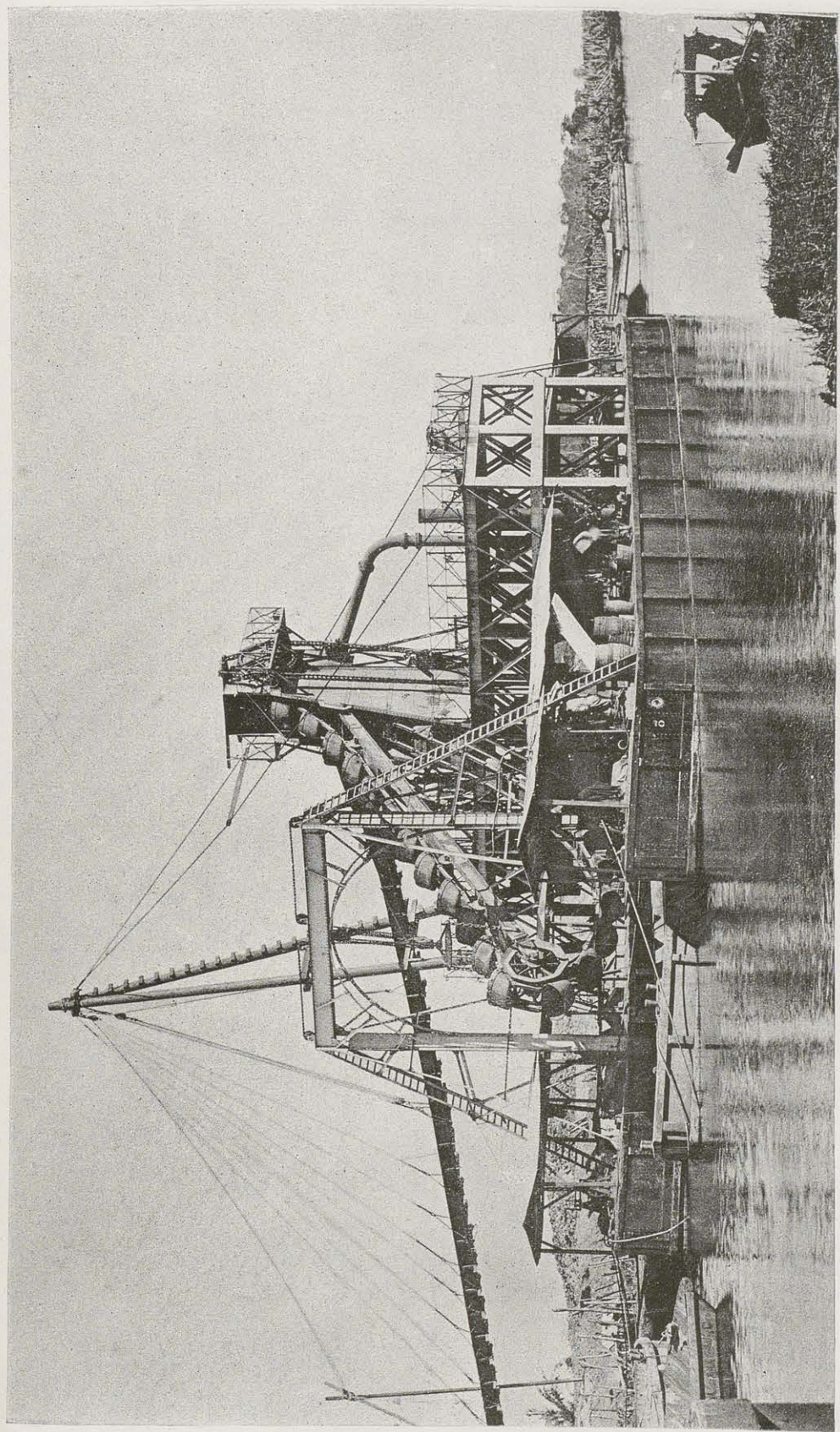
La drague est un organe d'excavation; il doit être ramassé et trapu, sa marche doit être lente pour ne pas subir de chocs violents à la rencontre d'un obstacle imprévu, caché au fond de la masse qu'il fouille avec une aveugle brutalité.

La chaîne à godets doit être aussi courte que possible : les maillons doivent en être robustes, préparés à subir les chocs et à briser les résistances. La forme doit éveiller l'idée de la force ramassée et puissante du taureau.

L'élévateur, au contraire, est destiné à fouiller dans des terrains connus, déjà ameublés et désagrégés par le travail de la drague, à les charger dans ses godets et à les élever à une grande hauteur.

CANAL INTEROCÉANIQUE DE PANAMA

(TRAVAUX DE LA VALLÉE DU CHAGRÉS)

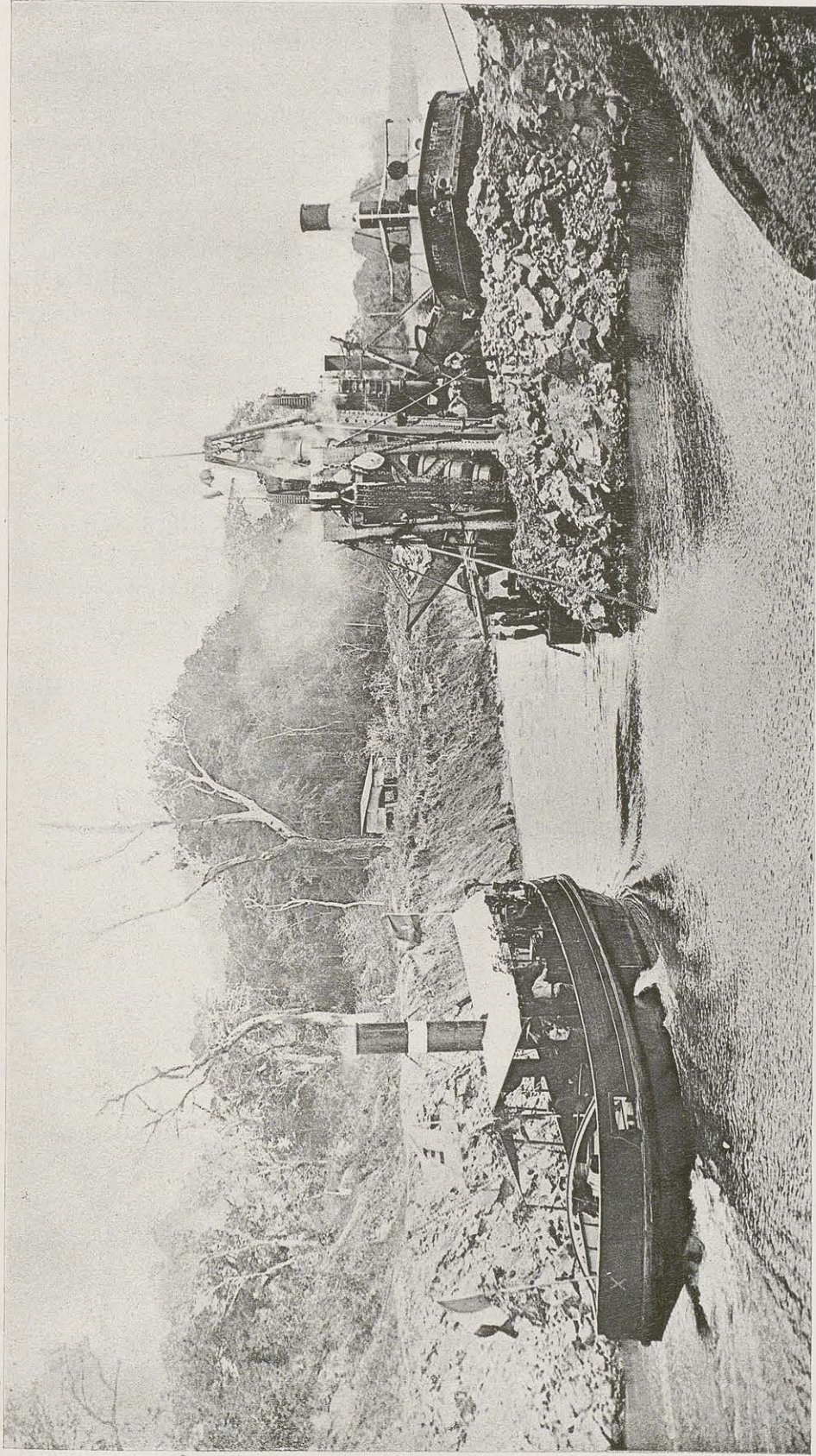


PETIT ÉLÉVATEUR FLOTTANT EN TRAVAIL PRÈS DE COLON

Cette vue photographique a été fournie pour bien montrer le mécanisme de l'élévateur flottant. C'est un appareil dragueur monté sur deux bateaux, entre lesquels vient se placer un chaland rempli de déblais qu'y a jetés une drague ordinaire. Les godets de l'élévateur reprennent ces déblais et les élèvent pour les déverser dans un long couloir où, chassés par l'eau, ils vont s'écouler sur la rive. L'appareil représenté ici est tout à fait insuffisant pour desservir les travaux du Canal; mais, aux dimensions près, il représente le type nécessaire et négligé à tort dans les travaux de la haute vallée du Chagrés.

CANAL INTEROCÉANIQUE DE PANAMA

(TRAVAUX DE LA VALLÉE DU CHAGRES)



DRAGAGE DES BUTTES ROCHEUSES DU MINDI

Cette vue photographique montre une drague de 180 chevaux excavant du rocher miné. En raison de la proximité de la mer, elle verse ses déblais dans un bateau à fond mobile, dit bateau-clapet, qui va les déposer au large. Dans la haute vallée du Chagres ces mêmes dragues eussent dû verser les déblais dans un chaland qui les aurait transportés sous l'élevateur flottant le plus voisin. Le remorqueur vu à gauche est sur le point de traverser la passe qu'ouvre la drague. On remarquera le caractère robuste et trapu de cette drague et les conditions de son travail, en la comparant aux dragues à longs couloirs que montrent les photographies précédentes.

La vitesse de la chaîne n'a plus besoin d'être restreinte, puisque aucun choc n'est à craindre, ni aucune résistance à vaincre.

Les maillons peuvent être plus légers, les godets moins armés, le beffroi qui n'a plus à supporter de tractions anormales peut, lui aussi, être plus léger.

En résumé, si l'on remplace la drague à long couloir par une drague ordinaire, accompagnée d'un élévateur flottant ayant la hauteur du beffroi des dragues américaines et même un beffroi plus élevé, si l'on établit, entre les deux organes qui se complètent l'un l'autre, un service de chalands qui portent sous l'élévateur flottant les déblais qu'ils reçoivent de la drague, on aura, à mon avis, réalisé, au prix d'un certain supplément de dépense, il est vrai, le programme véritable et rationnel de l'exécution des travaux de dragage dans la vallée du Chagres.

L'indépendance de l'organe d'excavation et de celui de décharge permet de déposer les terres là où il est utile et sage de le faire pour la sécurité et le bon conditionnement futur de la grande route maritime.

En outre, la démonstration éclatante faite par la Compagnie américaine, de la parfaite adaptation aux conditions de travail de l'Isthme du dragage et de l'écoulement des déblais, par des couloirs inclinés, suspendus à de hauts beffrois, assure cette conception d'un succès certain; elle n'est, en réalité, comme je l'ai expliqué, que le développement logique d'un procédé de travail qui a eu les plus éclatants succès, et dans ce développement ne peut, à aucun titre, se glisser un élément nouveau qui le fausse et détruise son bon équilibre, ainsi qu'il est bien facile de s'en rendre compte, lorsqu'on possède la plus faible expérience de ce genre de travaux.

Il paraît superflu d'insister autant sur cet exposé; mais les choses qui paraissent les plus évidentes, font parfois difficilement leur chemin, et la question que je viens de traiter, en particulier, semble avoir eu jusqu'à présent une difficulté spéciale à se faire admettre dans l'exécution du Canal.

En effet, les travaux d'excavation de la vallée du Chagres, compris entre Bohio Soldado et Matachin, ont été confiés à une société de travaux qui avait reçu de la Compagnie plusieurs de ses dragues de 180 chevaux.

Ces dragues représentent précisément, à un haut degré, comme je l'ai expliqué plus haut, l'instrument de travail énergique et robuste dont j'ai fait le tableau tout à l'heure. Elles ont un beffroi peu élevé, une membrure vigoureuse, des godets puissamment armés, des machines excellentes et fortes.

Si l'on eût associé à ces dragues des élévateurs flottants, malgré les défauts dont j'ai parlé déjà, malgré la lenteur fatale de leur montage, malgré la complication un peu grande des mécanismes, elles eussent exécuté de brillants travaux; mais, malheureusement, la conception initiale du transport des déblais excavés à la drague avait été le système des pompes centrifuges.

Or, ce procédé qui réussit admirablement bien dans des terrains mous et sans adhérence moléculaire, comme les sables vaseux de la Hollande, est

incompatible avec l'écoulement continu d'une série aussi variée que possible de terrains ayant les consistances les plus diverses.

On aurait pu prévoir que si ce procédé eût eu la chance de réussir sur cent mètres du Canal, il risquait de rencontrer, au cent unième, une qualité de terrain ne pouvant lui convenir, parce qu'il lui manque les qualités les plus indispensables pour un pareil travail, une élasticité et une souplesse qui lui permettent de s'appliquer également, à toutes les compositions, à toutes les structures, à tous les caractères de terrain.

Au lieu de reconnaître la vérité certaine, cette société s'est inutilement épuisée en vains efforts pour tenter l'application des pompes centrifuges et des systèmes de transports issus d'un principe analogue.

J'ai eu bien souvent, avec ses directeurs, l'occasion de répéter ce que je viens d'exprimer ici : Je n'ai pu me faire écouter et mettre en lumière cette qualité indispensable que possède le système dont je préconise l'emploi, et qui consiste dans sa facile application, à toutes les natures de terrain.

Cette erreur a coûté à la Société de travaux beaucoup d'argent ; elle a entraîné sa ruine et a privé la Compagnie d'un afflux de travaux sur lequel elle comptait, et qui eut augmenté son crédit moral en établissant, sous un jour plus vrai, la capacité de production des engins amenés et montés dans l'Isthme.

Il n'était donc pas superflu de le dire à nouveau ; j'espère avoir été plus explicite cette fois !

Après avoir ainsi exposé les données générales des excavations des terrains naturellement dragables, il me reste à éclairer le lecteur sur les conditions d'attaque des terrains, qui, au-dessous du niveau des eaux, peuvent présenter la consistance et la dureté des roches, et constituer, par suite, autant d'obstacles à la marche des appareils.

Étant ingénieur à Colon, j'eus à traiter précisément cette question de l'extraction des roches noyées.

On se rappellera que dans le voisinage de Colon, à deux ou trois mètres au-dessous de l'eau, le terrain d'alluvions qui forme le marais, se change brusquement sur certains points en un terrain dur et compact, appelé « grès vert de Monkey Hill, » et qui constitue le noyau central de la petite chaîne du Mindi.

A cette époque, une drague américaine, faisant une première passe de trois mètres, ouvrait le Canal à partir de Colon, lorsque vers le point kilométrique 3^k,500, elle se butta contre un banc de roche, arasé à 2^m,50 au-dessous de l'eau.

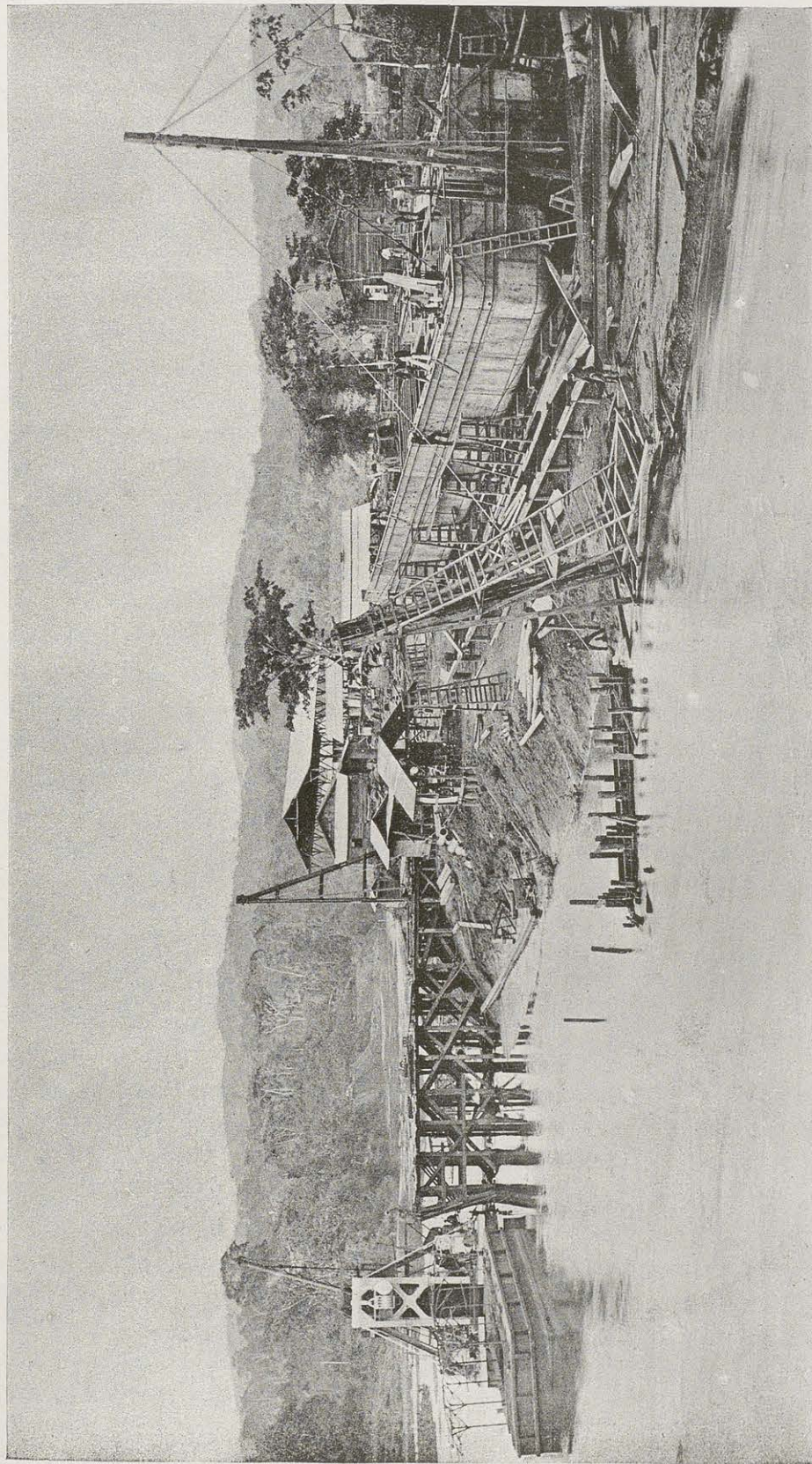
Son tirant d'eau étant de 2^m,60, elle fut arrêtée dans son travail un peu avant mon arrivée.

Des minages avaient été entrepris en avant de la drague, selon la méthode habituelle, qui consiste à forer un trou de mine, à accumuler au fond une certaine quantité de matières détonantes et à déterminer l'explosion.

Ce travail fut fait avec grand soin par mon prédécesseur ; mais la drague américaine ne put pas davantage mordre le terrain miné.

CANAL INTEROcéANIQUE DE PANAMA

(TRAVAUX DE LA VALLÉE DU CHAGRES)



CALES DE CONSTRUCTION

D'UNE PARTIE DU MATÉRIEL DE DRAGAGE DESTINÉ AUX TRAVAUX ENTRE BOHIO ET GAMBOA

On distingue une drague flottant dans le Chagres, à l'extrémité d'un appontement; une autre sur la rive et dont la coque est en montage. Ces dragues ont été expédiées dans l'Isthme, non par gros tronçons, comme cela a été fait pour les dragues de la Culebra, mais divisées en une infinité d'éléments dont l'assemblage a exigé des années. On remarquera qu'aucun élévateur flottant, le complément indispensable de la drague ordinaire dans la haute vallée du Chagres, n'est en construction. L'entreprise comptait, pour l'évacuation des déblais, sur les pompes centrifuges ou appareils analogues de transport par courants d'eau; elle n'a mis en commande aucun élévateur flottant.

Ayant pris charge des travaux, je fus amené naturellement à reprendre cette question et à en chercher la solution.

L'extraction des roches sous-marines a de tout temps été un problème difficile, et l'on a, en général, cherché à en réaliser la solution à l'aide d'appareils à air comprimé permettant directement l'attaque du rocher, ou bien par des cheminements souterrains permettant d'excaver la roche par-dessous, grâce à la protection naturelle que donne la croûte supérieure contre l'eau.

Mais ce sont là des procédés dispendieux, longs et surtout incompatibles avec la valeur restreinte du personnel ouvrier dont on dispose dans l'Isthme.

Il était indispensable de trouver un procédé de minage qui permit l'emploi de la drague.

J'admis comme principe que les godets puissants de nos dragues pourraient mordre très facilement dans un amoncellement de morceaux de rochers dont la grosseur courante ne dépasserait pas celle d'un très gros pavé, c'est-à-dire ne présenterait pas de dimension supérieure à 25 centimètres environ.

J'étais certain que, avec la puissance de nos machines motrices, une drague travaillant dans un massif disloqué de cette façon et dont aucun morceau ne dépasserait la dimension indiquée, le draguerait sans difficulté sérieuse.

La question était alors réduite à la définition d'un système de minage permettant de déterminer dans toute la masse une dislocation rigoureusement homogène, c'est-à-dire une dislocation comportant des ruptures identiques dans toute la masse et ne laissant en aucun point des blocs d'une dimension supérieure à celle fixée plus haut.

La première conséquence de ce principe conduit au rejet du système de dislocation cité plus haut et qui résulte de l'explosion d'une série de charges entassées au fond de trous de mines régulièrement disposés. Chacune de ces charges provoque une action dislocatrice suivant des surfaces concentriques au foyer de l'explosion.

Le rocher de la surface ne peut donc pas être rompu comme les parties qui se trouvent en contact plus immédiat du centre de l'explosion et la dimension des blocs déterminés par chaque centre de minage s'augmente avec la distance de ce centre.

Ce n'est donc pas un minage homogène, dans le sens que j'ai indiqué plus haut, et il suffit qu'un tel système entraîne la présence, dans une certaine région, de blocs, ayant par exemple régulièrement 1 mètre cube de volume pour suspendre et paralyser l'action de la drague.

Je me suis alors souvenu d'une expérience à laquelle j'assistai autrefois qui, bien que se rattachant à un ordre d'idées tout différent, me conduisit néanmoins à la solution.

Elle se rapportait à la recherche de la compressibilité des terrains meubles sous la pression d'une explosion de dynamite.

Une des dispositions imaginées consistait dans ce qui suit :

On faisait avec une barre à mine un trou de 8 à 10 centimètres de diamètre. Ce trou, dans un sol terreux, atteint en quelque dix minutes une profondeur de 3 à 4 mètres.

On enfilait alors, dans le trou ainsi ouvert, un fil de fer auquel étaient liées deux ou trois files continues de cartouches de dynamite juxtaposées bout à bout.

On obtenait ainsi une sorte de long saucisson remplissant le trou de mine du haut en bas. On faisait détoner l'ensemble, et après l'explosion on constatait, à part un faible entonnoir se produisant près de la surface, la formation d'un véritable cylindre d'environ 60 centimètres de diamètre aux parois pressées et comprimées.

La détonation simultanée de tous les points du boudin vertical avait eu pour résultat de détruire les actions verticales, sauf dans les extrémités supérieure et inférieure, où l'annihilation réciproque des actions verticales n'est plus possible. Les actions horizontales subsistant seules, le terrain, s'il est compressible comme les terres argilo-sableuses, doit se comprimer sous leur action et former un puits régulier de 50 à 60 centimètres de diamètre.

Reprenant par la pensée cette expérience à laquelle j'ai assisté plusieurs fois, je pensai que si, au lieu de la réaliser dans un terrain compressible, on la répétait dans un terrain incompressible comme la roche, on réaliserait non plus cette fois un vide mais une fissuration de la masse, une action dislocatrice régulièrement distribuée suivant un cylindre vertical et diminuant suivant les surfaces de cylindres verticaux concentriques au trou de mine.

S'il en est ainsi, il devait suffire, pour avoir une dislocation rigoureusement homogène et conforme aux nécessités du dragage, de forer une série de trous de mines régulièrement disposés de façon que les cylindres de dislocation se recoupent sans laisser entre eux d'intervalles supérieurs à la dimension maximum prescrite et de déterminer, dans chacun d'eux, l'explosion d'un saucisson de dynamite en occupant toute la hauteur.

Il va sans dire que, suivant les différentes natures de roches, le rayon du cylindre de dislocation produit par chaque explosion doit varier et, par suite, la distance d'axe en axe des trous ainsi que leur charge.

J'appliquai immédiatement le dispositif ainsi défini à l'enlèvement du banc de roche qui avait paralysé la marche des dragues américaines vers les premiers kilomètres du Canal.

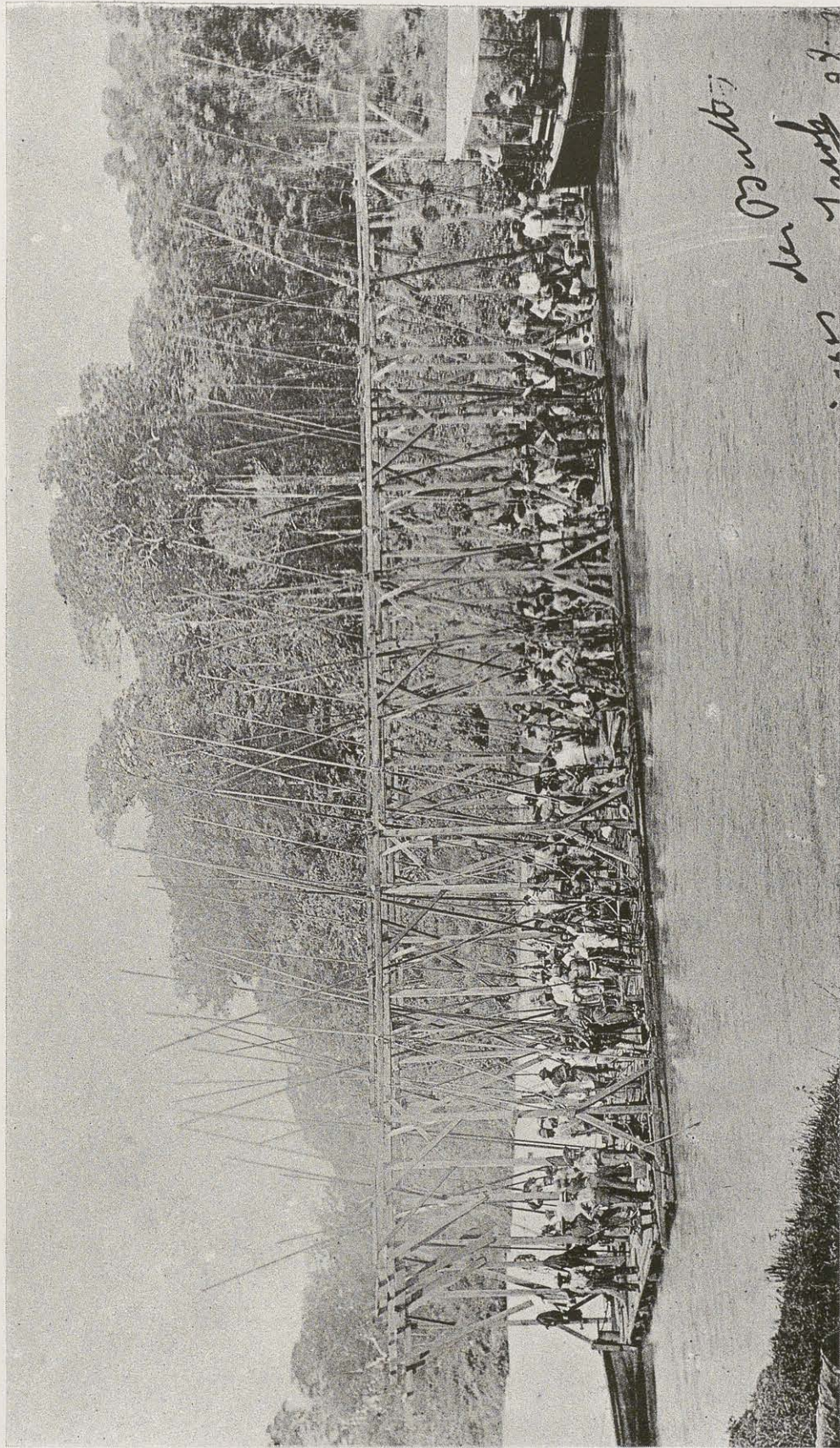
J'admis comme première donnée d'expérience, sans d'ailleurs aucune justification théorique, que l'action de dislocation se produirait dans des conditions suffisantes suivant un cylindre de 75 centimètres de diamètre et que, en constituant une série de cylindres tangents les uns aux autres, on devait alors, si l'hypothèse était réalisée, produire une dislocation parfaite.

Les trous de mine furent donc espacés de 75 centimètres d'axe en axe.

A cet effet, des radeaux longs et étroits furent construits portant des

CANAL INTEROCCÉANIQUE DE PANAMA

(TRAVAUX DE LA VALLÉE DU CHAGRES)



MIXAGE SYMÉTRIQUE DES FONDS ROCHEUX DU CANAL DANS LE VOISINAGE DU MINDI

Cette disposition, réalisée par l'entreprise Jacob, chargée de l'exécution des travaux dans cette partie du Canal, est l'application, sur une plus grande échelle, de la méthode d'extraction des roches sous-marines permettant de produire une dragabilité artificielle, méthode appliquée en 1885 vers le kilomètre 3,500 du tracé.

ouvertures distantes de 75 centimètres et rigoureusement repérés par rapport à la rive. Des mineurs furent installés et le forage commença.

Après le minage et la charge subséquente qui consumma, pour la longueur attaquée, environ une tonne et demie de dynamite régulièrement distribuée dans tout le terrain, des saucissons furent jetés au fond de l'eau pour propager l'explosion et une boîte de 20 kilogrammes de dynamite placée au centre.

Un choc semblable à une vibration tellurique fut l'unique effet de l'explosion qui ne produisit aucun des phénomènes extérieurs retentissants, si amusants à l'œil, mais qui indiquent à l'ingénieur qu'une partie de la force dépensée n'a pas été utilement consommée.

Le lendemain, une drague de 180 chevaux fut mise en batterie sur les lieux, et commença son dragage sans que son débit normal parût être en quoi que ce soit influencé par la nature du terrain.

L'expérience était concluante : la possibilité d'un minage homogène, disloquant de la même manière le terrain dans toutes ses parties, était démontrée ainsi que la complète assimilation d'un rocher, miné de cette façon, avec les terrains de dragabilité normale.

Comme le pouvoir de la drague et la valeur du système sont indépendants de la qualité individuelle du rocher dragué, comme la dureté plus ou moins grande de ce rocher ne peut avoir une influence que sur le rapprochement plus ou moins grand des trous de mine, et sur le temps plus ou moins long du forage de ces trous, on peut dire que des rochers de consistance différente feront varier le prix de revient, mais que l'application du dispositif de minage que j'ai déterminé dans les conditions citées plus haut, est toujours certaine du même succès.

Un peu plus tard, l'entreprise chargée, depuis l'époque que je viens de rappeler (1885), de réaliser les dragages de terrains rocheux, non exécutés par les dragues américaines, et appelée notamment à exécuter la coupure des collines de Mindi, n'hésita pas à adopter ce système, qui, sur une grande échelle et avec l'expérience de l'application journalière, permettant de déterminer avec exactitude les coefficients de charge et de distance, a produit les résultats les plus complets et a permis le dragage jusqu'à pleine profondeur de cette passe rocheuse, qui règne environ sur 2 kilomètres et cela à l'aide d'un minage à la main, effectué sur radeau comme je l'ai expliqué tout à l'heure, et à l'aide de longues barres à mine.

On peut donc dire qu'avec ce procédé, permettant de rendre dragables les terrains les plus compacts, avec un système de transport de déblais comme celui qui résulte de l'emploi du long couloir, et qui s'applique à toutes les catégories de terrains, la solution des excavations dans la vallée du Chagres est absolument complète et ne souffre ni exception, ni possibilité d'insuccès en aucun point.

La théorie générale exposée permet, il ne faut pas l'oublier, non seulement

l'excavation, le transport et la décharge de toutes les natures de terrains, mais encore l'emploi des déblais conformément aux nécessités de la construction du Canal et de son maintien stable et permanent.

Buttes de la vallée du Chagres. — Pour compléter la monographie des solutions de travaux à employer pour l'exécution des déblais sur les 45 premiers kilomètres du Canal, il est nécessaire de dire un mot de l'excavation des buttes rocheuses rencontrées par le tracé. Leur excavation jusqu'au niveau de l'eau n'a pas fait jaillir de solutions spéciales.

Rappelons toutefois le système de minage adopté avec une parfaite sagacité par MM. Artigue et Sonderegger, pour leurs travaux de Bohio Soldado.

On se rappelle que la butte de Bohio, surtout dans la partie supérieure, est un conglomérat de noyaux rocheux aux angles arrondis, noyés dans un véritable béton de sable et de cailloux roulés.

Le minage tel qu'on le pratique actuellement fut reconnu dès l'abord fort difficile; la barre à mine, après avoir traversé facilement les parties composées de petits matériaux, glissait et déviait en rencontrant les noyaux compacts, surtout lorsque ceux-ci présentaient à l'attaque de la barre une paroi inclinée.

Dans ces conditions, on n'hésita pas à abandonner le minage par petites masses pour adopter les grosses mines qui donnèrent, dans ce terrain, les plus merveilleux résultats.

Des rameaux furent creusés dans la masse ayant des longueurs de 10, 15, 20, 25 mètres suivant les dispositions de l'attaque; à leur extrémité on creusait un double retour, donnant la forme d'un T à l'ensemble, pour y loger les fourneaux de très grosses mines.

L'action désagrégatrice résultant de ces puissantes explosions rompait toute la cohésion de la masse attaquée et la transformait en un amas de sable et de galets plus ou moins gros. Il ne restait plus qu'à débiter à la main les morceaux de roche isolés dans le béton détruit mais trop gros pour être chargés immédiatement et transportés à la décharge.

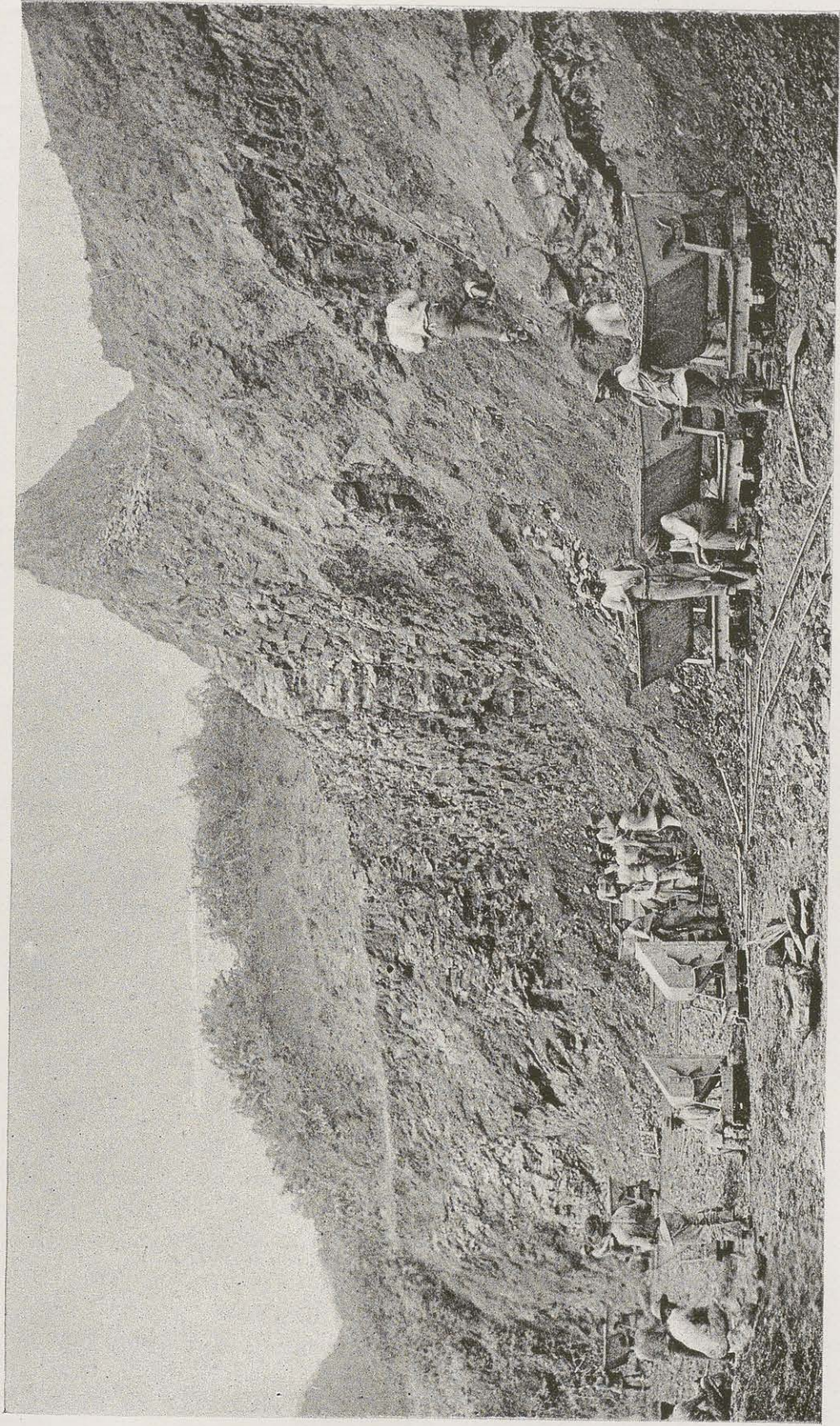
La butte de Bohio qui a atteint sur l'axe la cote 52, exigeant des emprises qui d'un côté montent jusqu'à la cote 70, est aujourd'hui à la cote 40.

L'épaisseur relativement faible de la tranchée, la commodité et la convenance de l'emploi des wagonnets Decauville pour de faibles distances de décharge, a amené les entrepreneurs à employer à la partie supérieure des attaques de flancs au lieu de creuser des cunettes parallèles à l'axe.

Mais la nécessité d'une cunette devenait plus nécessaire pour la partie inférieure, aussi n'hésitèrent-ils pas à perforer d'outre en outre la montagne à la cote 12, au-dessus du niveau de la mer, et à exploiter la butte par cette galerie concurremment avec les attaques supérieures, en précipitant les déblais, à l'aide de cheminées, dans des trains circulant dans le tunnel.

CANAL INTEROCCÉANIQUE DE PANAMA

(TRAVAUX DE LA VALLÉE DU CHAGRES)



TYPE DE CHANTIER DE BUTTE EXPLOITÉE AU DECAUVILLE

Ce système qui se rattache à la méthode d'ouverture des tranchées dite anglaise, a donné de bons résultats.

Les excavations des autres buttes n'ont pas présenté de particularités saillantes. Elles se sont réalisées soit à l'aide d'attaques de flanc comme celle de la partie supérieure de la butte de Bohio, soit à l'aide de cunettes successivement creusées à ciel ouvert parallèlement à l'axe, au fur et à mesure de l'élargissement du fond de la tranchée.

En général, les travaux des buttes exigeant moins de dispositifs mécaniques que les dragages où les grandes tranchées, ont été très recherchés des petits entrepreneurs. D'autre part ils pouvaient être facilement exécutés avec les wagonnets Decauville, c'est-à-dire avec un instrument de transport qui a séduit les ouvriers noirs plus que tous autres.

Mais si les wagonnets ont rendu beaucoup de services pour les petites coupures, leur emploi devient inutile pour les grandes tranchées exigeant de longs transports; toutefois comme il n'en existe pas dans la vallée du Chagres, le wagonnet Decauville y a joué, pour ces travaux accessoires de dérasements de buttes, le rôle du modeste mais utile auxiliaire de la puissante drague.

En résumé l'instrument normal d'excavation est, dans toute la vallée du Chagres, la drague; l'instrument normal de décharge est le long couloir suspendu soit à la drague elle-même, soit à un élévateur.

L'emploi du petit matériel doit être limité à l'attaque des buttes qui coupent le tracé. Une des plus graves fautes commises a été de l'utiliser pour l'excavation des parties supérieures des sections qui eussent pu être entièrement draguées.

Sans doute cela a permis d'excaver quelques mètres cubes en attendant le montage du matériel de dragage, mais c'était un système incohérent, nécessairement limité à un simple décapement, soumis à tous les incidents des crues, en un mot ne constituant pas une formule définie de travail mais un simple expédient.

Il sera nécessaire d'éviter cette erreur dans l'avenir.

VALLÉE DE L'OBISPO

Ici la nature compacte des terrains, l'irrégularité de l'écoulement des eaux dans la vallée de l'Obispo, excluent l'emploi naturel et courant de la drague, en même temps que la masse énorme des excavations à exécuter élimine l'application du matériel Decauville, sauf pour le dérasement des buttes et la préparation des chantiers au gros matériel roulant.

Les instruments de transport nécessaires de ces excavations considérables

exécutées à sec sont le grand wagon et la locomotive; l'instrument de charge est l'excavateur ou le pelletage à la main.

Dans la vallée de l'Obispo, où la tranchée prend le nom de tranchée d'Emperador à cause du village situé au milieu, la difficulté principale réside dans les gonflements irréguliers de l'Obispo et dans ses incursions sur les chantiers. L'insuffisance des moyens employés pour être à l'abri des eaux doit compter pour beaucoup dans les résultats relativement restreints des travaux de cette partie de l'Isthme et, cependant, c'est dans la vallée de l'Obispo qu'ont été pour la première fois installés des terrassements au gros matériel dans des conditions rationnelles et satisfaisantes.

La solution ne doit pas être cherchée, comme autrefois, dans les palliatifs plus ou moins insuffisants résultant d'une dérivation strictement limitée aux besoins de la rivière, c'est dans les chantiers mêmes que l'Obispo doit verser le trop-plein de ses crues et il n'est pas impossible de l'y admettre, tout en le rendant incapable de nuire.

Il faut pour cela profiter du jeu des saisons, consacrer une saison sèche, période de l'année où les eaux courantes sont en quantités négligeables dans l'Obispo, pour creuser à travers tout le chantier, de Culebra à las Cascadas, une cunette aussi profonde que possible, puis établir, à 2 ou 3 mètres en contre-haut du fond, les attaques des terrassements. La saison des pluies venue, les invasions intempestives de l'Obispo ne feront qu'amener un courant dans le fossé profond dont nous venons de parler et si, par hasard, il déborde, ce ne sera qu'un temps fort restreint et sans que cela puisse paralyser sérieusement la marche des travaux.

L'année suivante un nouvel approfondissement, opéré de la même façon en saison sèche, permettra de préparer une nouvelle tranche de travail pour l'année entière et ainsi de suite.

Au point de vue de l'excavation proprement dite, il y aurait grand intérêt, étant donnée la nature très variable des terres, à employer des chargeurs à bras, surtout dans la partie assez dure qui se trouve en face du village d'Emperador.

Peut-être à l'amont, entre ce point et Culebra, y aura-t-il lieu d'employer la drague, mais c'est un point sur lequel il convient de se réserver.

En résumé, les travaux de la tranchée d'Emperador ne révèlent aucune difficulté spéciale et caractéristique, mais elle exige un grand esprit de suite dans la conduite des travaux : faute de profiter des trois mois de pleine saison sèche, l'année tout entière peut être condamnée à des travaux infertiles et dispendieux.

Ceci d'ailleurs n'est pas particulier à cette partie du massif central; c'est dans le jeu relatif de la saison sèche et de la saison des pluies, dans la série des préparatifs à faire dans chaque saison en vue de l'autre, que résident les trois

quarts du mystère de l'exécution heureuse des travaux à sec, et c'est surtout pour cela qu'il faut un plan systématique fixé d'avance : en marchant sous la pression des nécessités successives on erre à l'aventure sans s'apercevoir qu'en perdant un mois on condamne souvent une année tout entière.

LA CULEBRA

Nous avons exposé dans d'autres parties de cette étude, la constitution générale du massif de la Culebra et l'historique sommaire des assauts qui lui ont été livrés et dont le dernier seul a pu avoir raison des difficultés considérables que présentait ce grand travail.

Nous allons chercher à les bien mettre en relief pour expliquer la valeur et la raison d'être des solutions techniques qui y ont été appliquées.

Ainsi que j'ai eu l'occasion de le développer, le massif de Culebra est revêtu dans ses parties supérieures d'une couche d'argile molle et plastique.

Cette couche supérieure recouvre une masse d'argilolithe compacte et dure, ne cédant qu'à la mine, mais dont les morceaux arrachés par le travail de l'excavation perdent une partie des qualités de dureté dont ils étaient pourvus en grosse masse.

Ceci rappelé, suivons le travail proprement dit de l'excavation telle qu'elle se pratiquait dans les premières années.

Les déblais extraits soit à l'aide de l'excavateur, soit à la main, une fois chargés dans les trains devaient être conduits à la décharge.

Or, voici comment sont usuellement constituées les décharges des déblais exécutés au gros matériel.

On trace à flanc de coteau une ligne ferrée qui, sortant à niveau du chantier, conduit à une vallée latérale choisie pour le dépôt des terres. Cette ligne une fois établie, on y fait circuler les trains chargés aux attaques qu'elle dessert, et ces trains étant arrivés à l'extrémité, au point choisi pour le dépôt des terres, on fait basculer latéralement les wagons et les déblais précipités en contre-bas de la ligne se répandent sur le talus du coteau. Au bout de quelque temps ces déblais déchargés, recouvrant peu à peu l'ancien talus, forment une longue banquette accolée au coteau. On déplace alors, parallèlement à elle-même, la voie ferrée pour la rapprocher de la crête du nouveau talus et permettre de toujours basculer les wagons dans le vide. Par suite de ces déplacements lents et continus et grâce à la marche incessante de la crête du talus de la banquette ainsi formée, le cavalier de décharge prend bientôt l'aspect d'une longue plate-forme horizontale rejoignant le coteau suivant le tracé initial de la première voie de décharge établie.

Après cette esquisse sommaire, examinons les phénomènes qui résultaient de la combinaison du régime des pluies de l'Isthme et de la nature du sol.

Si nous supposons une attaque et sa décharge installées pendant la saison sèche, elles fonctionnent toutes deux convenablement tant que les pluies ne surviennent pas. La couche d'argile supérieure, sur laquelle circulent les trains ou les excavateurs, conserve en saison sèche une consistance relative : les attaques se maintiennent convenablement et se prêtent ainsi au travail régulier et géométrique de l'excavateur. Les voies, constamment transportées au fur et à mesure de l'avancement, rencontrent un terrain relativement stable et supportent les lourdes machines de 32 tonnes, les excavateurs de 75 tonnes qui circulent sur elles. Enfin les décharges, recevant des déblais secs, conservent leur disposition régulière.

Viennent les pluies d'avril, toutes ces conditions sont changées, les attaques se transforment en éboulements, prennent les talus les plus divers, jetant des masses de débris mouillés sur l'excavateur, lui coupant même quelquefois la retraite en envahissant sa voie. Les terrains amollis ne présentent plus la même résistance, les voies s'enlizent et changent de forme en plan et en élévation, les déraillements deviennent incessants sous l'effet de la défiguration des lignes ferrées. Enfin aux décharges se développent des avaries plus graves et plus perturbatrices encore.

Les eaux, descendant en masses pressées des coteaux supérieurs, se trouvent naturellement arrêtées par la banquette horizontale qu'a créée chaque décharge ; elles pénètrent de tous côtés dans des vides qu'ont laissés les mottes d'argile juxtaposées et, peu à peu, la banquette, hier solide, s'imbibe d'une masse considérable d'eau comme le ferait une colossale éponge. Le poids du remblai augmente d'autant et l'équilibre qui s'était établi ne correspond plus à cette surcharge.

Mais, d'autre part, les éléments argileux qui constituent le dépôt subissent en même temps une modification profonde sous l'influence de l'eau qui baigne les mottes, leurs contacts s'amollissent, l'adhérence réciproque disparaît par suite du savonnement qui vient à se développer.

Bref, en même temps que le poids augmente, les résistances internes diminuent et un moment vient bientôt où l'équilibre total se rompt d'un coup. La masse se met en mouvement et s'étale, entraînant dans une fondrière de boue les rails, les traverses, les wagons surpris par le bouleversement de la décharge.

Il faut alors aller rechercher les débris, opérer le sauvetage du matériel, démonter au milieu d'un lac de vase les rails, les traverses, les wagons, les ramener en arrière, puis reconstruire la voie dans sa situation première et recommencer.

Pendant que ces opérations de reconstitution de décharges se poursuivent, aucun wagon ne peut être vidé, et par suite il devient impossible de continuer

l'excavation. Celle-ci, de son côté, en proie à des éboulements et des apports dus aux pluies, qui désorganisent le terrain et déforment l'attaque si régulière que doivent poursuivre les excavateurs, ne peut lutter contre l'ennemi qui l'envahit. La décharge disparue a paralysé l'excavation et l'a livrée sans défense aux éboulements qui l'envahissent.

Une fois la décharge reconstituée, la réparation de l'attaque, l'enlèvement des éboulements, le redressement et l'aplanissement des voies exigeaient de nouveaux soins et le travail pouvait enfin être repris après des semaines de labeur incessant jusqu'au moment où une nouvelle rupture d'équilibre de décharge venait à nouveau tout arrêter.

On comprend facilement qu'en face de ce véritable tonneau des Danaïdes, les courages les plus fermes s'affaissent, les volontés les plus énergiques s'émoussent.

Aussi, sans aucune exception, après deux ou trois mois de lutte infructueuse, la partie était abandonnée et l'on attendait la fin de l'hivernage pour essayer une nouvelle tentative, de nouveau paralysée dès l'arrivée des pluies.

On peut dire qu'en moyenne chaque année, les excavations au gros matériel étaient, à partir du mois de juin, absolument condamnées et qu'elles n'avaient plus déjà existé qu'à titre intermittent à partir du mois de mai. On se contentait alors de prolonger les travaux en employant du matériel Decauville pour décaper les parties hautes de la tranchée, mais le rendement de ces petits travaux était, au point de vue vital de l'approfondissement de la tranchée, d'un effet rigoureusement nul, car seul le grand matériel est susceptible d'effectuer les longs transports et les puissants efforts que le creusement nécessite. Telle était la situation des travaux en 1886. Depuis les débuts du Canal, tant d'efforts n'avaient abouti qu'à déprimer de 3^m,50 environ l'altitude moyenne de la ligne joignant les points les plus bas dans la traversée du massif.

Cela correspondait donc à la constatation d'une véritable et complète impossibilité.

On pouvait dire à ce moment que si les travaux généraux du Canal avaient pris, enfin, une allure satisfaisante, le problème de la Culebra restait entièrement sans solution, après quatre ou cinq ans d'efforts continus et l'essai de tous les procédés administratifs d'exécution : la régie ordinaire, la régie intéressée, la répartition en petites entreprises, l'entreprise générale.

L'entreprise générale, la dernière solution essayée, avait été confiée à MM. Cutbill, de Lungo, Watson et Van Hattum, syndicat international de grands entrepreneurs, ayant, autant qu'on pouvait le demander, l'expérience et l'autorité requises pour mener à bien cette affaire. Malgré tout cela cette entreprise avait échoué comme les autres, et après dix-huit mois d'efforts et de dépenses, le retour de la saison des pluies de 1886 était venu constater sa défaite définitive, technique et financière.

A ce moment se jouait donc, sur la nouvelle solution de la Culebra, toute

la vie du Canal. Encore un insuccès et l'entreprise tout entière semblait complètement et irrémédiablement sur la constatation universelle de ce fait que la tranchée de la Culebra ne pouvait être réalisée.

C'est à ce moment, comme je l'ai expliqué déjà, que je considérai comme m'étant dicté par le plus haut et le plus noble des devoirs de m'attacher, moi, le plus ancien déjà des ingénieurs du Canal, à dégager cette fatale inconnue du problème. Je quittai le service de la Compagnie, j'entrai dans le rang des exécutants pour y diriger moi-même l'application des remèdes techniques, qui résultaient de l'examen minutieux et profond auquel je m'étais livré pendant près de dix-sept mois de présence dans l'Isthme.

J'ai expliqué plus haut quelle confiance bien justifiée j'avais eue en MM. Artigue et Sonderegger et les motifs d'ordre logique qui m'ont guidé dans la constitution de la nouvelle entreprise de la Culebra ; il me reste à développer la méthode technique qui devait avoir et qui a eu, en réalité, raison de cette extrême difficulté.

Nous avons vu que l'obstacle auquel on se buttait était double et résultait de la mauvaise tenue des attaques et de l'instabilité des décharges.

Je vais chercher d'abord à examiner les conditions essentielles attachées à la solution de ces deux questions.

La question des attaques ne pouvait pas être brusquement résolue ; il était matériellement impossible de songer à transformer les qualités du terrain si mauvais qui constitue la couche supérieure ; mais ce qu'on pouvait tenter, c'est de chercher à descendre le plus rapidement possible, pour asseoir, sur les couches solides du massif interne, les pesants instruments de travail.

En tous cas, même en supposant une série d'excavateurs placés sur de bon terrain, cela ne devait pas modifier la qualité de celui dans lequel ils mordaient, ni sa tendance aux éboulements et aux glissements, ni les désorganisations incessantes qui en résultaient. Toute la question était de savoir si l'on pouvait organiser un système général permettant de lutter victorieusement contre un terrain détestable, d'absorber ses éboulements, de marcher en un mot plus vite que lui. Il était difficile de conclure *a priori* à une absolue certitude ; mais en tous cas, si la chose était possible, il fallait de toute nécessité que l'écoulement des déblais vers les décharges fût absolument assuré en tous temps.

Mon sentiment, déduit de nombreuses constatations, était qu'en dépensant pour la direction des chantiers une infatigable énergie, on pourrait aux attaques tenir tête aux éboulements et maintenir la puissance de l'extraction à la hauteur des exigences du terrain ; mais naturellement à condition que le service de décharge ne fut jamais suspendu, même une seule journée. Dans cet ordre d'idées, la lutte ne pouvait être engagée, avec quelque espérance de succès, que si on pouvait résoudre préalablement la question des décharges d'une façon complète.

C'est donc en réalité, au point de vue technique, à cette question qu'était attachée la clé de tout le problème. S'il n'avait point été réalisable de constituer des décharges permanentes et fixes, la tranchée de Culebra était une impossibilité, et soit à niveau, soit à écluses, le Canal de Panama était pour toujours condamné.

Voici la solution que j'avais été amené à concevoir pour les décharges.

L'instabilité des banquettes de dépôts constituées le long des coteaux de la vallée de décharge tenait, nous l'avons vu, à la qualité spéciale du terrain déposé et à la masse considérable des eaux qui, s'écoulant le long du coteau, étaient arrêtées par la plate-forme de la banquette.

Une première idée, et qui se présente naturellement, amène à proposer des fossés de ceinture pour écarter les eaux, mais ces fossés sont plutôt un leurre qu'autre chose. Maçonnés ou non, ils sont facilement obstrués et comblés par ces pluies diluviennes qui jettent parfois 10 centimètres d'eau en une demi-heure et transforment en véritables torrents des creux de vallons de quelques milliers de mètres carrés de surface déversante.

Le détournement des eaux, souvent pratiqué, n'a jamais réussi.

Dans ces conditions, je cherchai à diminuer l'instabilité des décharges en réduisant la masse d'eau susceptible de les pénétrer, grâce à un système nouveau de constitution des cavaliers de dépôt.

Au lieu de les déposer le long du coteau, j'imaginai de les former dans une direction perpendiculaire ; mais alors il fallait que les trains allant à la décharge sur le cavalier futur fussent soutenus en l'air sur des ouvrages spéciaux.

A cet effet, des estacades furent construites, s'avancant dans la vallée perpendiculairement aux lignes horizontales des coteaux, et sur ces structures, qui partant d'une hauteur nulle arrivaient en général à avoir 12 à 15 mètres et même 20 et 25 mètres de relief au-dessus du sol, les trains venaient se décharger, engloutissant peu à peu la charpente sous leurs dépôts.

Le cavalier ainsi constitué se rattachait au coteau simplement par son épaisseur, alors que pour résister au glissement sur la pente toute sa longueur était en jeu.

Il recueillait donc les eaux déversées des sommets proportionnellement à sa largeur, alors que sa résistance au glissement était proportionnelle à sa longueur. C'est précisément l'inverse des conditions dans lesquelles se trouvaient les cavaliers déposés suivant le système habituel. Chez ceux-là l'ennemi, c'est-à-dire l'eau des coteaux, entrait en proportion de la longueur et la force de résistance qu'ils pouvaient opposer, était simplement en proportion de leur largeur.

On conçoit facilement que renversant ainsi les deux facteurs de l'instabilité des cavaliers de dépôts, on devait transformer en permanence absolue ce qui était le bouleversement continu.

Grâce à cette disposition, aucun glissement ne pouvait plus se faire le long

de la pente des coteaux, et il ne restait plus à envisager que les éboulements des talus du cavalier de part et d'autre de son axe.

En fait, ce n'eut été d'aucune conséquence : ce n'eut abouti qu'à donner de l'espace supplémentaire pour le déversement des wagons roulant sur l'estacade.

Dans la réalité, cette éventualité ne s'est pas produite et les estacades régulièrement remplies ont donné naissance à des cavaliers de dépôts excellents, et grâce auxquels on peut dire que le problème des décharges a été intégralement résolu.

Il n'y avait plus qu'à savoir si la direction des travaux parviendrait à triompher des mauvais terrains dans l'intérieur de la tranchée et à ne pas reculer devant les éboulements.

Tout le reste du problème était là et c'était à l'exécution de le dégager.

Les travaux de la Société Artigue, Sonderegger et C^{ie} commencèrent le 1^{er} septembre 1886 et toute la fin de cette saison pluvieuse fut consacrée à l'organisation des chantiers suivant les plans définis et résultant de l'ordre d'idées que je viens de développer.

La saison sèche de 1887 fut consacrée à rechercher pour le plus d'excavateurs possible, l'assiette des terrains solides du massif interne, et avec les premières pluies de 1887 s'engagea la vraie bataille.

Il ne s'agissait pas dans mon esprit, pour cette dernière et suprême épreuve, de réaliser un cube élevé ; il fallait que l'on sût si, grâce aux méthodes techniques nouvelles, grâce à la volonté persistante, ferme, inébranlable de la direction, grâce à des efforts sans mesure dirigés sur place par les chefs responsables de l'entreprise, il était ou non possible de maintenir partout le gros matériel en batterie pendant la saison des pluies.

Cette première bataille gagnée, tout devait être sauvé ; le problème de la Culebra était résolu.

Nous eûmes, mes compagnons de lutte et moi-même, la suprême satisfaction de pouvoir partout conserver nos positions et, pour la première fois depuis l'origine des travaux, sur tous les points de la tranchée, les excavations au gros matériel ne cessèrent pas de s'exécuter pendant toute la saison des pluies.

Sur aucun point, les efforts de la nature ne surmontèrent la résistance et la persistance qui lui étaient opposées.

Sans doute, dans les parties en éboulement, sous l'action fatale des eaux, la lutte fut souvent presque désespérante, mais aucun sacrifice ne fut épargné et sur aucun point les excavateurs ne s'arrêtèrent devant les difficultés sans cesse renaissantes.

Ce fut, en réalité, une bien grosse partie, bien difficile et bien dangereuse à jouer, mais où le sentiment de l'immense intérêt attaché à son heureuse issue galvanisait chaque jour les volontés et relevait les courages.

Après tant d'efforts, l'année 1888 commença avec la petite dose de pertur-

bation que jetait la transformation de projet du Canal à niveau en Canal à écluses et qui entrava légèrement la marche ascensionnelle des excavations.

La saison sèche fut utilisée pour enlever, grâce à un redoublement d'activité, un nouveau morceau de notre mortel ennemi, le terrain supérieur, et prendre de nouvelles positions pour la saison humide.

Mais pour celle-là, la difficulté devait être moindre que la première année et la question était désormais résolue par l'enlèvement d'une partie, chaque jour plus grande, de la masse des terrains ébouleux; les installations pénétrant dans les parties plus solides de la tranchée, l'influence des pluies devait être moindre.

C'est, en effet, ce qui arriva et ce qui s'est manifesté, d'ailleurs, bien clairement, par la marche des excavations et surtout par le rapport entre le cube de la saison sèche et le cube de la saison des pluies pendant les années 1887 et 1888.

Dans les cinq premiers mois de 1887 (saison sèche), la moyenne excavée mensuellement est de 86,025 mètres cubes. Dans le reste de l'année, elle est de 44,996 mètres cubes.

Le rapport des rendements mensuels de la saison humide à ceux de la saison sèche est de 52 p. 100 environ.

Pendant la saison sèche de 1888, le rendement moyen devient 108,275 mètres cubes, soit une proportion qui représente les 125/100^{es} de celui de la saison correspondante de 1887.

Mais l'amélioration graduelle des chantiers et leur adaptation progressive pour lutter contre les pluies s'affirment plus encore cette année; le cube mensuel de la saison des pluies est en moyenne de 79,101 mètres cubes, il représente donc 73 p. 100 du cube de saison sèche.

Ainsi, les pluies perdent leur influence retardatrice, puisque, dès 1888, on pouvait obtenir environ, pendant les pluies, près des trois quarts du rendement de la saison sèche de la même année.

C'était, selon moi, la proportion normale entre les deux rendements, c'était le desideratum poursuivi; je dois avouer que je n'espérais point en arriver aussi près dès 1888.

Ces chiffres établissent donc plus éloquemment que toute démonstration la progression globale d'une année à l'autre (le rendement de 1888 représente 148 p. 100 de celui de 1887) en même temps qu'ils montrent bien le succès des méthodes employées pour lutter contre l'influence paralysante des pluies.

Si l'on rapproche ce résultat de celui obtenu au point de vue de l'abaissement du col, lequel a avancé dans ces deux années cinq fois plus vite qu'antérieurement (voir la planche annexée à la page 34), on saisit bien nettement que le problème de l'excavation du massif de Culebra a été, par les dispositions adoptées, pratiquement résolu au cours des campagnes de 1887 et 1888.

Cette vérité s'est d'ailleurs fait jour dans l'esprit public, et personne aujour-

d'hui n'oserait plus parler de la Culebra comme d'un problème insoluble et supérieur aux forces de l'homme, comme on avait le droit de le dire et comme on l'a universellement répété jusqu'à la fin de 1836.

En même temps que se résolvait ainsi les difficultés des parties supérieures du massif, il fallait songer à l'excavation ultérieure des parties profondes de la tranchée.

A priori il semblait naturel de poursuivre d'une façon continue le système d'approfondissement adopté pour la partie haute et qui consistait dans la création successive d'une série de chantiers d'attaques parallèles à l'axe et étagés les uns au-dessus des autres.

Un excavateur pouvant creuser au-dessous de lui-même une tranchée profonde de 5 m. 50 à 6 mètres, aussitôt que le fond de la cuvette la plus profonde était suffisamment large pour permettre l'installation d'une batterie d'excavateurs, on creusait une passe nouvelle qui, élargie à son tour, devenait l'origine d'un nouvel approfondissement.

Cette méthode très rationnelle, la seule rationnelle pour la protubérance supérieure du massif de la Culebra, était appelée à entraîner, appliquée aux parties profondes, des complications très considérables.

La sortie des trains n'étant plus possible que du côté de la vallée du Rio Grande, l'écoulement des déblais se trouvait commandé par la recherche lointaine des vallées propices aux décharges.

En outre de l'effort afférent à l'immense quantité de voies qu'il fallait installer, il fallait prévoir les difficultés incessantes relatives à la circulation de nombreux trains dans toute la longueur de la tranchée et, par suite, sur des voies non ballastées et assujetties à des ripages et à des transports continuels au fur et à mesure de l'avancement des attaques.

Or, cette circulation des trains sur des voies forcément mauvaises constitue en réalité la plus grosse et la plus coûteuse des difficultés de l'excavation.

Les déraillements incessants, paralysant la circulation et la charge, représentent, autant par les frais directs qu'ils entraînent que par leurs conséquences, la partie principale du prix de revient et, ce qui est plus grave, ces incidents, sans cesse répétés, exigent de la part du personnel dirigeant une tension d'esprit et une dose de fatigue exagérées.

En outre, avec des installations superposées et se commandant toutes les unes les autres, si un éboulement se déclare sur un des flancs de la tranchée, près de la sortie, par exemple, il condamne à une inaction prolongée et fatale toutes les attaques qui ne sont pas, par rapport à lui, du côté opposé aux décharges.

La seule perspective d'une telle éventualité serait de nature à rendre bien hasardée l'adoption d'un système d'attaque n'admettant de sorties que d'un côté et, avec les chantiers à sec, il est impraticable de songer à faire sortir les trains par la tranchée d'Emperador qui aura déjà largement à faire avec la propre circulation qui lui incombe.

L'emploi de la drague fait disparaître tous ces obstacles ; on évite toutes ces difficultés en installant un bassin de dragage à chaque extrémité de la tranchée, au niveau du terrain naturel, qui se trouve, du côté Panama à la cote 60, et de l'autre à la cote 65, et en confiant à la drague l'excavation de tout le terrain entre le niveau 65 et le niveau définitif du plafond, c'est-à-dire, les vingt-cinq ou les trente-cinq derniers mètres de profondeur, suivant que l'on choisira pour plafond du passage, la cote 40 ou la cote 30.

Avec la drague, plus de trains dans l'intérieur du chantier, plus de déraillements, plus d'installations ni de ripages de voies difficiles et coûteux, plus de craintes de voir tous les travaux pour longtemps condamnés, si un affaissement local vient couper les voies près de la sortie.

La question des décharges et de la recherche des bassins de décharges se simplifie elle-même ; car il n'est plus nécessaire d'aller au loin trouver une plaine au niveau de l'attaque que l'on dessert.

Les déblais dragués et mis en chaland peuvent être repris et portés ensuite à l'altitude que l'on désire à l'aide de ces norias à déblais qui ont pris le nom industriel d'élevateurs.

Dans ces conditions, on peut conserver, à l'aide d'une élévation mécanique et verticale de déblais, les bassins de décharge usités qui avoisinent la Culebra et qui n'exigent que de courtes distances de transport.

Un tel dispositif possède donc l'inappréciable avantage d'uniformiser et de concentrer le système de l'attaque, du transport et de la décharge ; sans compter les avantages individuels qui dérivent, à chacune de ces étapes du travail, des qualités particulières au procédé employé.

D'autre part, rien ne s'oppose au dragage régulier de la Culebra, car les argiles dures du massif interne, perdant facilement leur cohésion sous l'action désagrégatrice de la mine, sont rendues dragables assez économiquement. En outre, les déblais qui résultent de ce minage et du dragage consécutif ne sont pas réduits à l'état de boue, les plus petites parties ont la consistance du sable et par suite il n'existe aucune difficulté pour charger ces déblais en wagon et les transporter à la décharge.

Ajoutons encore quelques mots sur la disposition pratique qu'il y avait lieu de donner à l'application de ces idées.

La création de bassins de dragages aux altitudes 60 et 65 était, nous n'avons pas besoin de le dire, purement artificielle, surtout du côté de Panama où cela, en réalité, aboutissait à suspendre une drague sur les flancs d'une montagne et à 20 mètres au-dessus du pied de ses pentes.

Pour cela, une plate-forme fut d'abord constituée, une excavation de 3 mètres de profondeur fut réalisée au milieu, et dans ce bassin à sec l'on amena les pièces de dragues et l'on construisit l'élevateur fixe, appelé à reprendre les déblais jetés par la drague dans les chalands pour les déverser plus tard dans

les trains et provisoirement dans un couloir à déblai aboutissant dans le creux de la vallée du haut Rio Grande.

Pendant que ces opérations se développaient, on exécutait, dans la haute vallée du Rio Grande, un barrage appelé à relever de 14 mètres environ le niveau des eaux de la rivière et à inonder à la cote 66 un bassin de 500,000 mètres cubes environ de capacité.

Du barrage partait une conduite de 50 centimètres de diamètre en tôle d'acier qui, circulant d'abord dans le fond de la vallée, remontait ensuite ses pentes pour aboutir dans le bassin de dragage, lui amenant l'eau alimentaire après un siphonnement d'environ 1,200 mètres.

Du côté Colon, la situation était plus facile en raison de l'épanouissement, du haut bassin de l'Obispo. Un cavalier de terre de 4 mètres de hauteur barrait le bassin supérieur du Lirio, principal affluent de l'Obispo, et, déterminant une surélévation de 3 mètres, permettait de couvrir d'eau une vaste superficie de terrains à un niveau supérieur à celui du bassin de dragage correspondant.

Les travaux préparatoires ainsi conçus avaient reçu leur entière exécution à la fin de 1888 et les premières semaines de marche avaient fourni des résultats aussi satisfaisants que possible.

Toutefois le transport à la décharge ne pouvait se faire par trains et les premiers déblais excavés avaient été rejetés depuis l'élévateur à l'aide du transport par eau ; mais ce n'était là qu'une solution provisoire en attendant l'installation définitive des transports réguliers non encore réalisables au moment où nous parlons.

La première passe de dragage une fois effectuée, le niveau de l'eau devait être abaissé dans les bassins d'une hauteur égale et les déblais transmis des chalands à l'élévateur fixe à l'aide d'un élévateur flottant dont le beffroi était appelé à s'exhausser au fur et à mesure de l'abaissement du niveau des bassins de dragage.

Telle était la disposition, en apparence compliquée, mais en réalité profondément simple, relativement à l'autre système qui, sous sa trompeuse symétrie, cache une terrible masse de difficultés pratiques et expose aux plus grandes fatigues et aux incidents les plus dangereux pour l'exécution du passage de la Culebra.

Cette conception a été l'œuvre de la Société qui s'était attachée à la solution de ce gros problème, et je n'hésite pas à croire que la méthode que nous avons choisie pour le bas était aussi bien adaptée aux circonstances que celles qui ont eu raison des difficultés du haut.

J'ai terminé ce qui est relatif au côté technique du problème de Culebra ; mais il est nécessaire d'ajouter un mot sur la question soulevée par l'assainissement des parties hautes de la tranchée.

La solution consistant à tenter de rendre stables, à l'aide de travaux de

drainage souterrains, les couches glissantes, a naturellement toujours frappé de prime abord les ingénieurs dépourvus de l'expérience de l'Isthme.

En fait, des travaux souterrains sont d'une exceptionnelle difficulté à Panama en raison du manque absolu de la main-d'œuvre intelligente qui serait indispensable pour exécuter des cheminements à travers des couches d'argile plus ou moins amollies.

La solution doit être cherchée, non pas dans des travaux délicats et, par suite, presque irréalisables, mais simplement dans le procédé le plus simple et le plus brutal : l'enlèvement des terres glissantes jusqu'au moment où elles auront pris l'équilibre qui leur est nécessaire.

Ces couches étant superficielles, ce procédé ne peut entraîner très loin, mais il est sûr et surtout on est certain de pouvoir l'exécuter.

Les drainages superficiels et les fossés de ceinture n'ont pas une valeur plus grande que les drainages profonds, car l'instabilité des terres et les plissements continuels que subit leur surface, rendent illusoire l'effet de tous travaux de cette espèce et transforment en ligne de rupture toute excavation de fossés.

On ne saurait s'étonner que la Commission d'études ait adopté un avis contraire et prescrit précisément des fossés de ceinture, des drainages de surface et des galeries creusées mi-partie dans les argiles molles en mouvement et mi-partie dans les argiles dures du massif intérieur.

Les cinq membres de la délégation, envoyée dans l'Isthme pour étudier de près la question, étaient en majorité des ingénieurs non familiarisés avec les questions de travaux publics proprement dites. Trois membres sur cinq (un ingénieur hydrographe, président la délégation, et deux ingénieurs des mines) n'avaient pas consacré leur carrière à ce genre de travaux.

D'un autre côté, les personnes qu'elles ont trouvées sur place n'appartenaient à aucun titre aux exécutants. Le véritable personnel des travaux, celui qui dirigeait, effectivement et directement, la marche des ouvriers et des machines, n'était plus présent, et la délégation n'a plus rencontré dans l'Isthme que le personnel de contrôle, lequel, tout en mettant beaucoup d'activité et de dévouement à sa tâche, n'a pu matériellement se trouver complètement enseigné sur les difficultés de toutes les parties de la question, comme les ingénieurs dirigeant effectivement et personnellement les chantiers.

On peut se rendre compte de la valeur de certains renseignements pratiques donnés à la délégation et enregistrés par elle, en lisant ce passage du rapport de la Commission sur les travaux de Culebra.

« *Malheureusement, les entrepreneurs n'avaient aucun intérêt à arrêter les éboulements, dans lesquels ils trouvaient, sans déplacement de matériel, une mine inépuisable de déblais ameublés, et le personnel technique n'était pas armé pour leur imposer l'exécution des travaux d'assainissement même les plus indispensables.* »

Il faut se rappeler que les éboulements provoqués par les eaux d'infiltration et la mauvaise qualité des terres de la tranchée ont, successivement et pendant des années, stérilisé tous les efforts et amené à considérer la Culebra comme une absolue impossibilité. Il faut se rappeler que tout le mérite, on pourrait peut-être même dire plus, de la Société Artigue, Sonderegger et C^{ie}, est d'avoir lutté pied à pied, sans fléchir ni reculer, pendant des mois, contre les éboulements; d'avoir conservé partout ses excavateurs et ses charges en batterie contre ces éboulements et pour les combattre; cela malgré des prix de revient quelquefois dix fois supérieurs au prix soldé par la Compagnie.

Si l'on réfléchit à tout cela, on croit en réalité rêver en lisant l'interprétation donnée quelques mois après aux incidents de cette lutte sans trêve, et voir présenter cette difficulté immense, et sous laquelle a failli sombrer l'entreprise du Canal tout entière, comme l'équivalent d'un avantage tranquillement exploité.

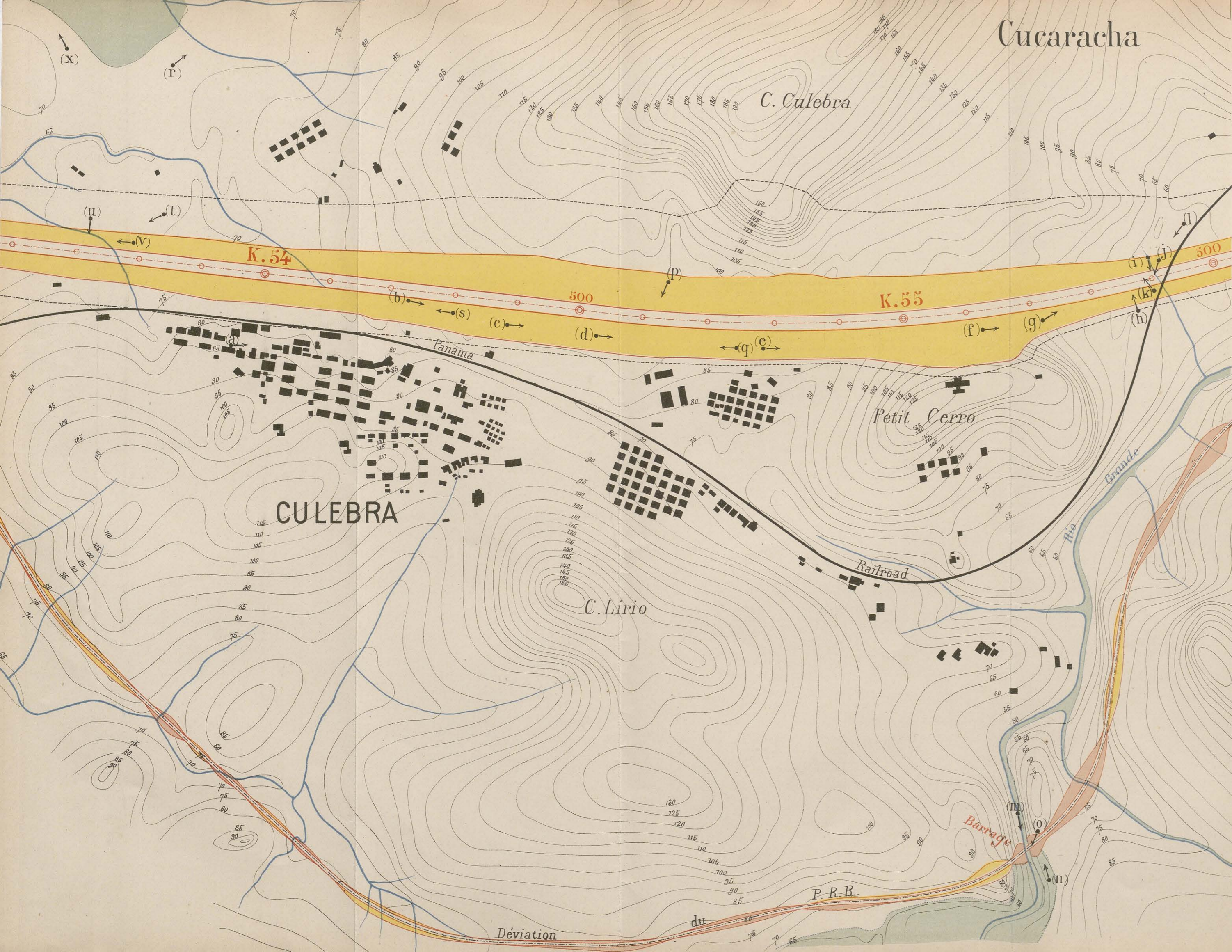
Nous ne faisons pas à la délégation l'injure de croire qu'elle a imaginé cette interprétation, ce serait lui dire qu'aucun de ses membres n'a vu, quinze jours durant, travailler une batterie d'excavateurs dans des terres ébouleuses. Toutefois, celui d'entre eux qui a hâtivement recueilli cette note me paraît avoir commis une erreur analogue à celle de l'historien qui attachait trop d'importance aux renseignements donnés sur la prise de Sébastopol par un gendarme qui y avait assisté.

VALLÉE DU RIO GRANDE ET PARTIE MARITIME

Dans la partie terrestre du Canal, la drague à long couloir ou bien la drague ordinaire combinée avec l'élévateur doivent, comme dans la vallée du Chagres, jouer le principal rôle. Bien que le sol de la vallée du Rio Grande soit en profondeur beaucoup plus dur et compact que celui de l'autre côté de la Cordillère, on n'aura guère à attaquer que les parties supérieures plus molles du massif, l'adoption du Canal à écluse ayant limité beaucoup la profondeur des tranchées dans cette région.

Dans la partie maritime du Canal, le transport des déblais dragués se réalise à l'aide de bateaux à clapets qui vont décharger dans la rade à quelques kilomètres des lieux d'extraction.

En résumé, il n'y a qu'à répéter pour cette partie ce qui a été dit relativement aux procédés d'excavation de la vallée du Chagres. Les travaux sont de même nature, l'échelle seule est réduite.



Cucaracha

CANAL INTEROCÉANIQUE DE PANAMA

(TRAVAUX DE LA CULEBRA)

PLAN DU CANAL & DES OUVRAGES ACCESSOIRES

à la traversée du massif de la Culebra

Échelle de $\frac{1}{5000}$ (0^m200 par kilomètre)

NOTICE EXPLICATIVE

En vue de permettre au lecteur de se rendre un compte exact des travaux en cours d'exécution à la Culebra, lors de la mise en liquidation de la Compagnie du Canal, ainsi que des méthodes d'excavation adoptées par la Société Artigue, Sonderegger et C^{ie}, nous avons supposé une visite des chantiers faite par un observateur arrivant de Colon et descendu du train, un peu avant d'avoir atteint le massif proprement dit.

Cet observateur jette d'abord un coup d'œil général sur le flanc gauche de la tranchée, en se postant au point (a) ; puis il se transporte, en suivant le fond des excavations ouvertes à travers le massif, aux points (b), (c), (d), etc. Il franchit ainsi le col et arrive aux installations de dragages établies sur le versant Pacifique de la Culebra. Le même observateur est ensuite supposé aller voir les installations de retenue d'eau qui, faites dans la vallée du haut Rio-Grande, permettent d'alimenter le bassin artificiel de dragage.

Il revient ensuite, à peu près par le même chemin, à la hauteur de son point de départ et, se transportant de l'autre côté du Canal, il jette un coup d'œil sur la disposition générale des décharges, qui correspondent aux attaques dont il a obtenu la vue, au point de départ (a).

Après avoir complété ainsi le parcours des travaux, placés entre ce point de départ et l'extrémité côté Pacifique de la section, c'est-à-dire, après avoir inspecté les travaux du massif proprement dit, il lui reste à porter son examen sur l'espace compris entre l'origine, côté Colon, et le point de départ.

Pour cela l'observateur revient dans la tranchée et, tournant le dos au col de la Culebra, il aperçoit les travaux des chantiers qui, bien qu'appartenant topographiquement à la haute plaine d'Obispo, sont des dépendances de Culebra. La tournée de l'observateur supposé se termine par la visite du bassin de dragage établi sur le versant Atlantique, ainsi que de son bassin alimentaire.

Les vues photographiques, prises aux différentes stations de l'observateur supposé, correspondent aux points fixés sur le plan ci-joint ; la direction des yeux est indiquée par une flèche.

Ces vues ont été levées, en général, quelques semaines avant la fin de la saison des pluies de 1888, sauf en certains points où, pour l'intelligence du travail exécuté, on a produit une vue datant de quelques mois auparavant, en l'indiquant d'ailleurs sur la légende correspondante.

On peut se rendre compte ainsi que l'influence stérilisante et désorganisatrice des pluies était définitivement surmontée et n'entravait plus le développement correct et méthodique des attaques.

Les vues photographiques ne peuvent donner qu'un reflet bien affaibli de l'impression saisissante et grandiose que produisait la visite réelle de ces travaux considérables.

Il convient de se souvenir, pour bien saisir toute l'importance du développement de forces mécaniques que l'on va voir représentées, que, sur ce chantier qui n'a pas deux kilomètres de longueur, ont dû être construits soixante kilomètres de voies ferrées de dimension normale, appelées à desservir trente excavateurs, soixante locomotives et mille grands wagons portant dix tonnes de déblais.

Les excavateurs type Culebra, que l'on voit se profiler dans toutes les vues, sont de lourdes et puissantes machines supportées sur six essieux, pesant soixante-quinze tonnes et hautes de près de huit mètres, c'est-à-dire dépassant le niveau du second étage d'une maison de Paris.

Si l'on veut avoir une idée de l'activité d'un tel chantier au point de vue de la circulation des trains, on peut dire que durant l'année 1888, pendant la saison sèche, il y a eu en moyenne un mouvement de trains toutes les trois minutes, c'est-à-dire qu'à chaque intervalle de trois minutes correspondait la sortie d'un train emportant cent tonnes de déblais ou sa rentrée dans la tranchée.

Pendant la saison des pluies, il y avait en moyenne un mouvement de trains toutes les cinq minutes. Le mouvement des trains était donc comparable à celui des grandes gares de Paris, telles que la gare Saint-Lazare ou la gare du Nord.

Au point de vue du tonnage de la masse transportée au dehors des emprises, on se trouve également en présence de chiffres considérables.

Le poids de la masse des terrains transportés en 1888 est d'environ deux millions cinq cent mille tonnes, chiffre du même ordre de grandeur que celui qui représente la masse des arrivages d'un grand port tel que le Havre ou Bordeaux.

Si l'on réfléchit à l'importance des manutentions d'une grande gare ou d'un grand port, si l'on y ajoute que des opérations analogues devaient être exécutées à Culebra sur des voies constamment mobiles et impossibles à ballaster en raison de cette mobilité même, si l'on réfléchit aux opérations de minage, d'excavation et de déchargement qui en étaient le complément, on aura, en parcourant les photographies qui vont suivre, une idée plus exacte de la quantité de volonté, de persévérance et d'énergie qu'il a fallu pour créer un tel ensemble au milieu de difficultés locales énormes, dans ce pays souvent mortel et toujours épuisant, avec des ouvriers inintelligents et paresseux.

C'est en pensant à la lutte contre tant d'obstacles qu'on peut concevoir comment l'Industrie peut, à certains moments, exiger autre chose que le travail assidu d'un bon ingénieur ou la justesse d'esprit d'un bon commerçant.

Au risque de surprendre ceux qui voient tous les sentiments humains à travers la triste myopie de leur propre bassesse, je dirai que les ressorts de l'intérêt personnel, qui suffisent en général pour animer et vivifier les entreprises de l'homme sont, s'ils agissent seuls, absolument impuissants à élever les volontés à la hauteur des sacrifices exceptionnels qu'exigent des tâches semblables.

Dans ces combats de l'Industrie, où la vie et l'honneur sont constamment en jeu, l'état-major petit ou grand de l'armée du travail, doit considérer les bénéfices non comme le but principal mais simplement comme une conséquence secondaire de la valeur des efforts faits et de la grandeur des résultats obtenus.

Et cela n'était pas inutile à dire pour rendre hommage à la nature vraie des sentiments qui ont dirigé la lutte et soutenu les combattants.

Je regrette de ne pouvoir citer ici, à côté des chantiers eux-mêmes, les noms de tous les vaillants qui les ont fécondés de leur travail et de leur énergie. Je me bornerai à citer les noms des deux fondateurs de pouvoirs techniques de la Société Artigue, Sonderegger et C^{ie} : MM. Espanet et Burgi, dont la généreuse activité, le noble dévouement à l'œuvre et la science consommée ont tant contribué au succès.

CANAL INTEROCÉANIQUE DE PANAMA

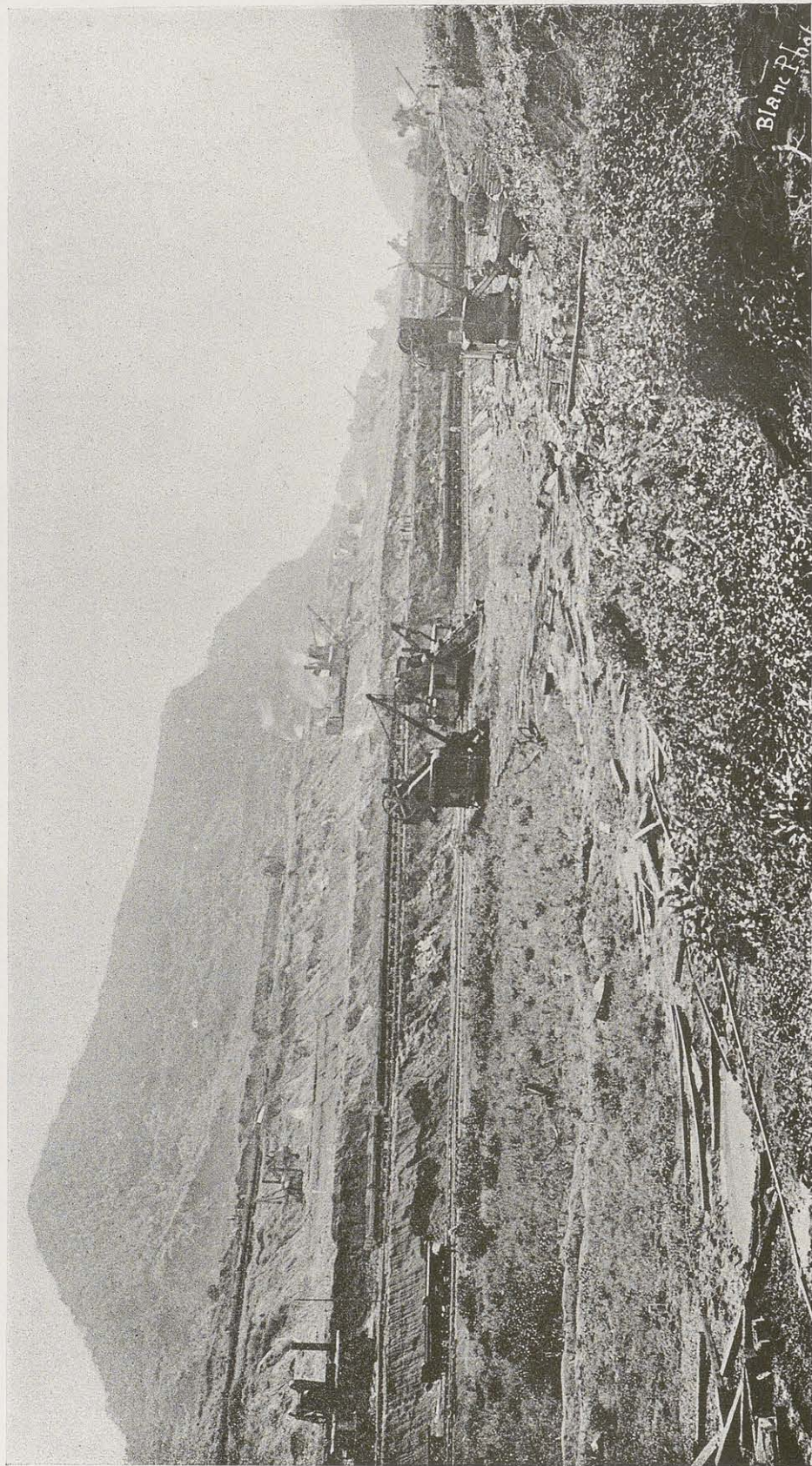
(TRAVAUX DE LA CULEBRA)



Vue photographique (a). — L'observateur ayant les yeux dirigés vers Panama, regarde les attaques du versant, côté Colon, du massif de Culebra. L'axe de la voie maritime passe dans la grande échancrure comprise entre le Petit Cerro à droite et coupé par le cadre et le Cerro Culebra à gauche. Les attaques à l'excavateur s'étagent de la cote 70 (plaine basse à gauche du tableau : un excavateur isolé y charge un train) jusqu'à la cote 103. Les gradins successifs sont aux cotes 70, 73, 80, 83, 93 et 103. Des attaques au petit matériel s'étagent de 4 en 4 mètres de la cote 103 jusqu'à la cote 120; elles sont comprises entre le massif du Cerro Culebra et le groupe de maisons le plus élevé (cote 108). Ces attaques, que l'on peut difficilement distinguer à l'échelle de cette vue, ont eu pour but de décharger la partie supérieure des terrains glissants. Cette photographie montre les chantiers tels qu'ils se présentaient, après un an de travail de la Société Artigue, Sonderegger et C^{ie}, c'est-à-dire fin 1887. Aujourd'hui le massif tout entier est perforé par une cunette partant du niveau de la plaine à la cote 70. Pour l'écoulement des eaux, le profil de cette cunette est en dos d'âne : il s'élève à la cote 73 à son point culminant.

CANAL INTEROcéANIQUE DE PANAMA

(TRAVAUX DE LA CULEBRA)

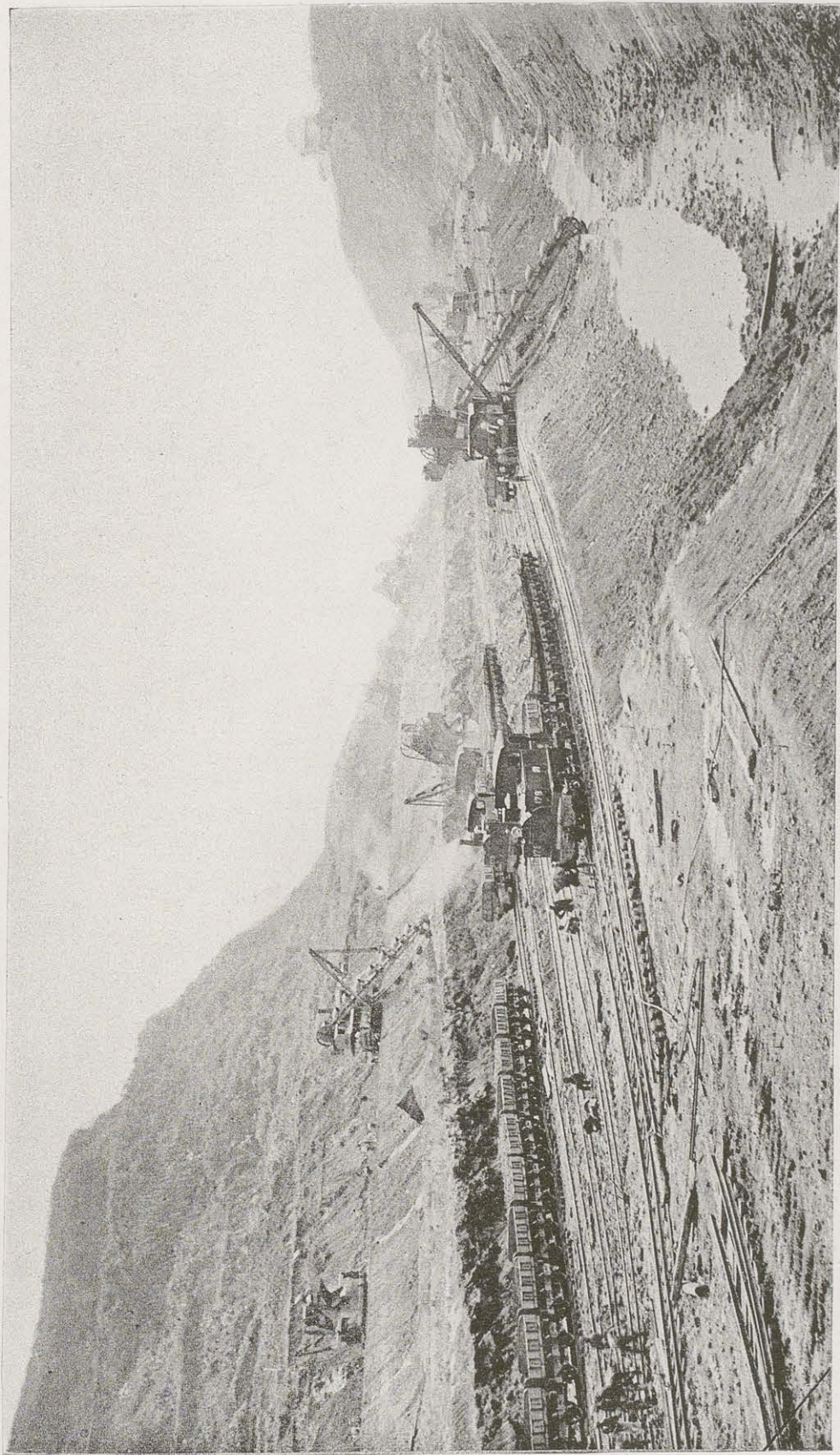


Vue photographique (b). — L'observateur, ayant quitté le premier poste où il a découvert le panorama général au point (a), est descendu dans la tranchée au niveau de l'étagé qu'il a vu en préparation sur la gauche du panorama général (plaine où travaillait un excavateur isolé chargeant un train). A la date de la présente photographie (novembre 1888), on voit à cet étage, à droite des deux excavateurs qui occupent le milieu de la feuille, une file de wagons en charge. L'extrémité de cette file aboutit au fond de la cunette que l'on verra en cours d'excavation dans les photographies (c) et (d).

Au-dessus de la file de wagons, l'étagé que l'on découvre est celui dit de la cote 75 : c'est le chantier du premier plan de la vue photographique qui va suivre. Au-dessus et à gauche on distingue les cotes 80, 85 et 93.

CANAL INTEROCCÉANIQUE DE PANAMA

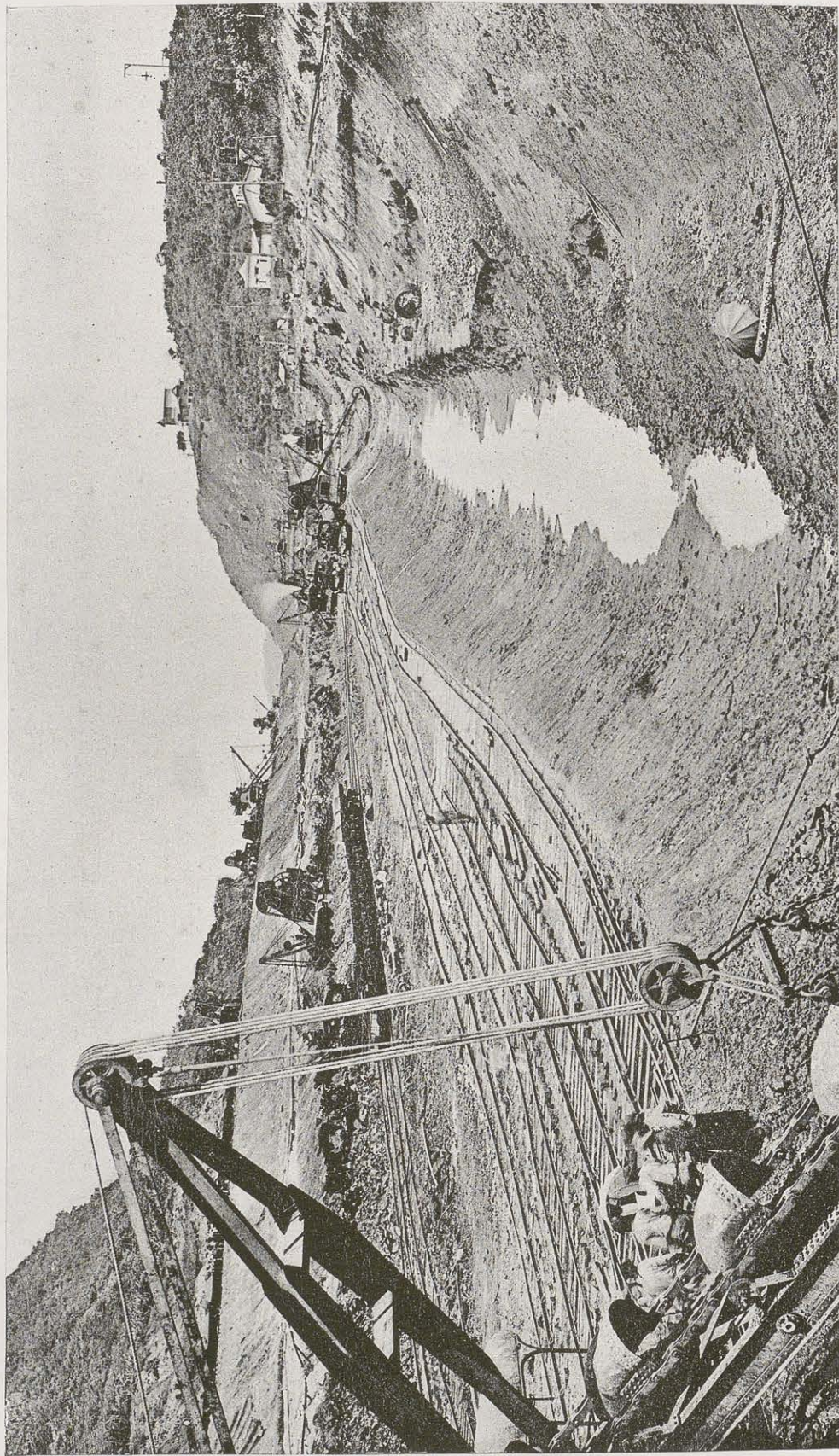
(TRAVAUX DE LA CULEBRA)



Vue photographique (c). — L'observateur, les yeux dirigés vers Panama, se trouve dans le massif proprement dit; à droite, le Petit Cerro, à gauche, le Cerro Culebra. Le chantier du premier plan est celui dit de la cote 75. Les excavateurs en fouille ouvrent la cunette dont l'extrémité est à la cote 70, pendant que les excavateurs en décapement enlèvent la banquette à la cote 80 laissée par les excavateurs en fouille travaillant à la cote 85. Cette vue est datée du 14 novembre 1888.

CANAL INTEROCÉANIQUE DE PANAMA

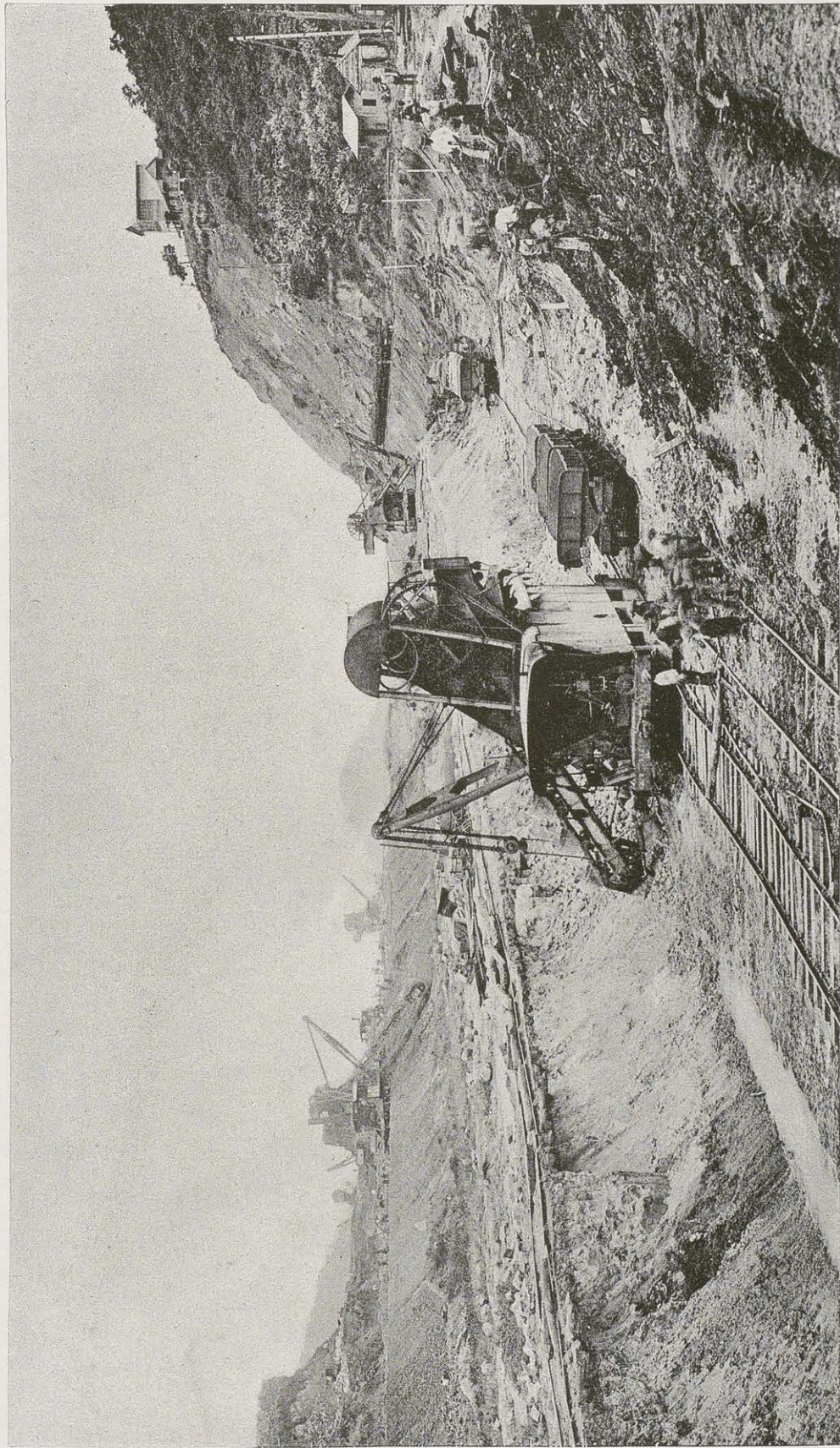
(TRAVAUX DE LA CULEBRA)



Vue photographique (d). — Cette vue a la même orientation et la même date que la précédente, mais l'observateur est plus rapproché du Petit Cerro. On distingue à droite les poteaux supportant les lampes électriques éclairant les chantiers pour les travaux de nuit. L'excavateur, que l'on voit en partie dans l'angle gauche et en bas de la photographie, est celui-là même que l'on voit en entier dans la vue précédente creusant la plus basse cunette.

CANAL INTEROCCÉANIQUE DE PANAMA

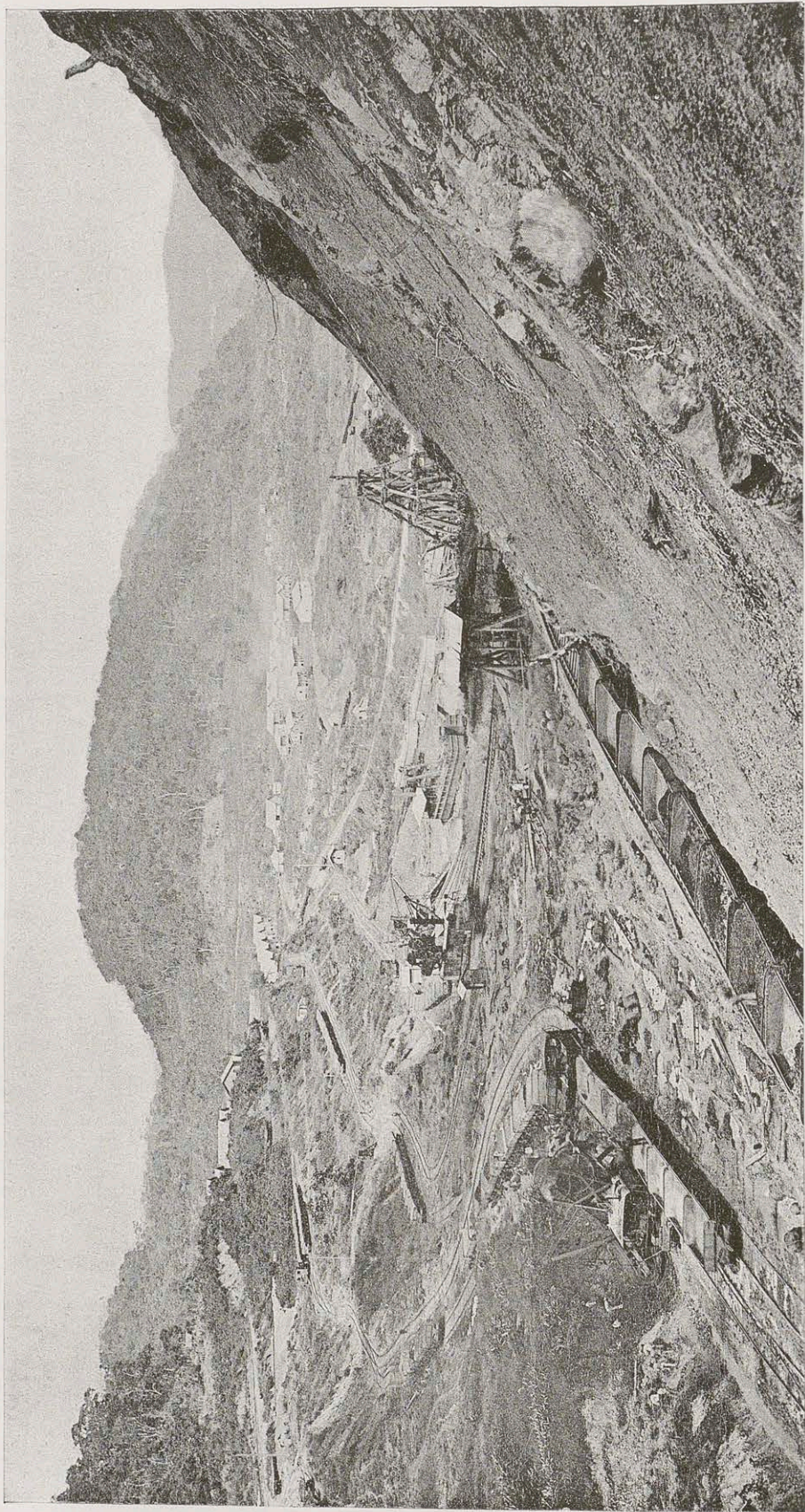
(TRAVAUX DE LA CULEBRA)



Vue photographique (e). — L'observateur se trouve presque au pied du grand talus du Petit Cerro. Le large et spacieux chantier dit de la cote 75, que montraient les deux vues (c) et (d), se trouve ici en voie de formation seulement. L'excavateur en fouille placé sur le terre-plein à la cote 80, vient d'ouvrir le passage; un excavateur en décapement, placé dans le fond de la cumette dès qu'elle est suffisamment élargie, commence à battre au large pour l'élargir à son tour et permettre aux excavateurs en fouille, que l'on voit en travail dans les photographies (c) et (d), d'avancer derrière lui pour creuser à nouveau le sol et achever la passe inférieure, montrée en cours d'exécution dans ces mêmes vues. Cette passe a été creusée depuis le moment où la présente vue a été prise (septembre 1888).

CANAL INTEROcéANIQUE DE PANAMA

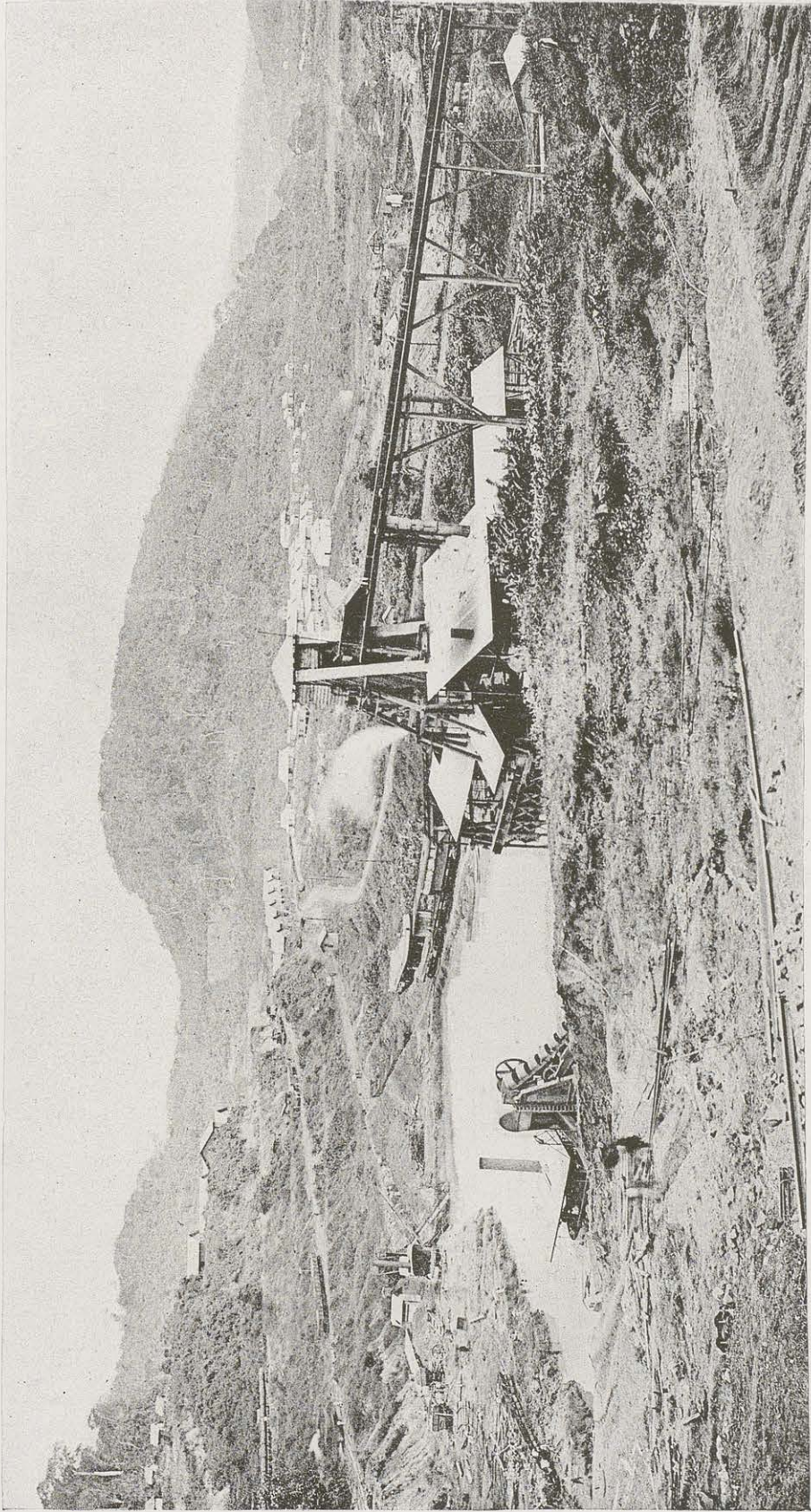
(TRAVAUX DE LA CULEBRA)



Vue photographique (f). — L'observateur, les yeux toujours dirigés vers Panama, est placé au niveau de la cunette représentée par la photographie précédente; mais il a dépassé le Petit Cerro, dont les talus, laissés abrupts par l'excavation, forment le premier plan de droite. Il est donc de l'autre côté du col de Culebra et regarde la descente du massif vers la vallée du Rio-Grande. Cette vue, prise au milieu de l'année 1888, montre les attaques de flanc pratiquées de ce côté du massif, aux cotes 60, 68 et 76, ainsi que la sortie des attaques à la cote 85. L'attaque du premier plan est à la cote 76; au second plan, on voit l'attaque de la cote 68, et, dans la plaine basse, le résultat des travaux à la cote 60; on aperçoit les préparatifs du matériel de dragage installé à ce niveau. La drague est montée à sec dans le fond d'un bassin artificiel qui sera plus tard rempli d'eau; à droite, l'élevateur encore à l'état de squelette. Plus loin, la bande blanche qui coupe la vue en diagonale est la trace du Panama Railroad qui coupe en ce point l'axe du Canal, mais qui doit être rejeté dans une déviation déjà presque achevée.

CANAL INTEROCEANIQUE DE PANAMA

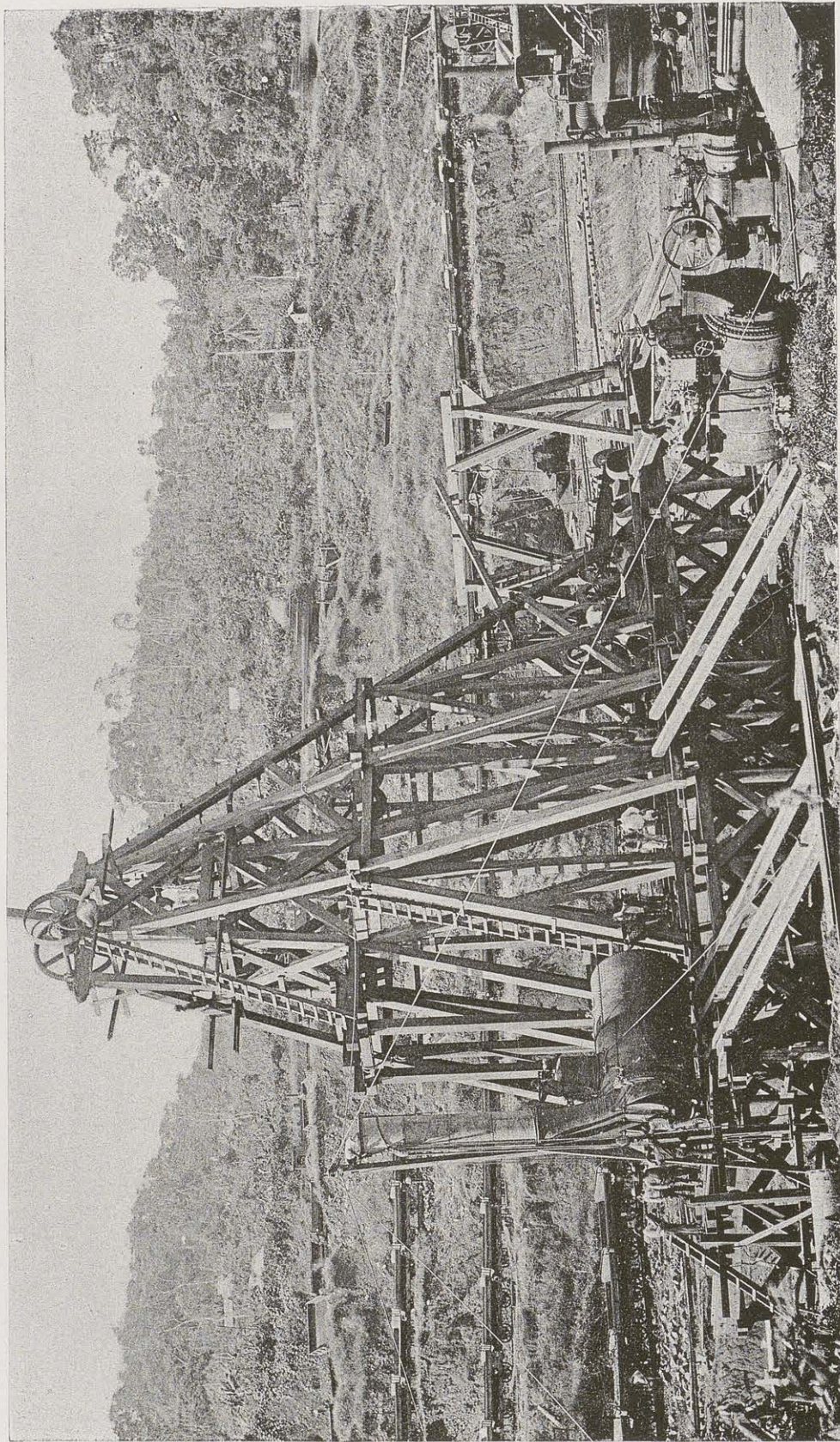
(TRAVAUX DE LA CULEBRA)



Vue photographique (g). — L'observateur s'est rapproché du bief artificiel de dragage et est descendu à la cote 68 environ. Cette vue est prise en novembre 1888. Les premières installations de dragage sont complétées et le travail est en marche; mais les éléments d'une nouvelle drague sont amenés : on aperçoit ses volumineux tronçons portés par des wagons placés sur une voie longeant la rive droite du bassin. A l'angle gauche de celui-ci se trouve l'excavateur en fouille qui l'a creusé; la drague qui vient de commencer son travail a déjà mordu les bords du bassin et creusé l'échancrure que l'on voit à gauche succéder au bord rectiligne tracé par l'excavateur. A gauche et en haut, on découvre les voies de sortie des cotes 60, 68 et 76, contournant le mamelon derrière lequel sont les décharges; plus haut, la voie de la cote 83, ne trouvant pas de rayons suffisants à flanc de coteau, a perforé le mamelon. On aperçoit la crête du talus gauche de sa tranchée, d'une douzaine de mètres de hauteur, au-dessus des cabanes qui occupent l'angle supérieur gauche de la feuille.

CANAL INTEROCÉANIQUE DE PANAMA

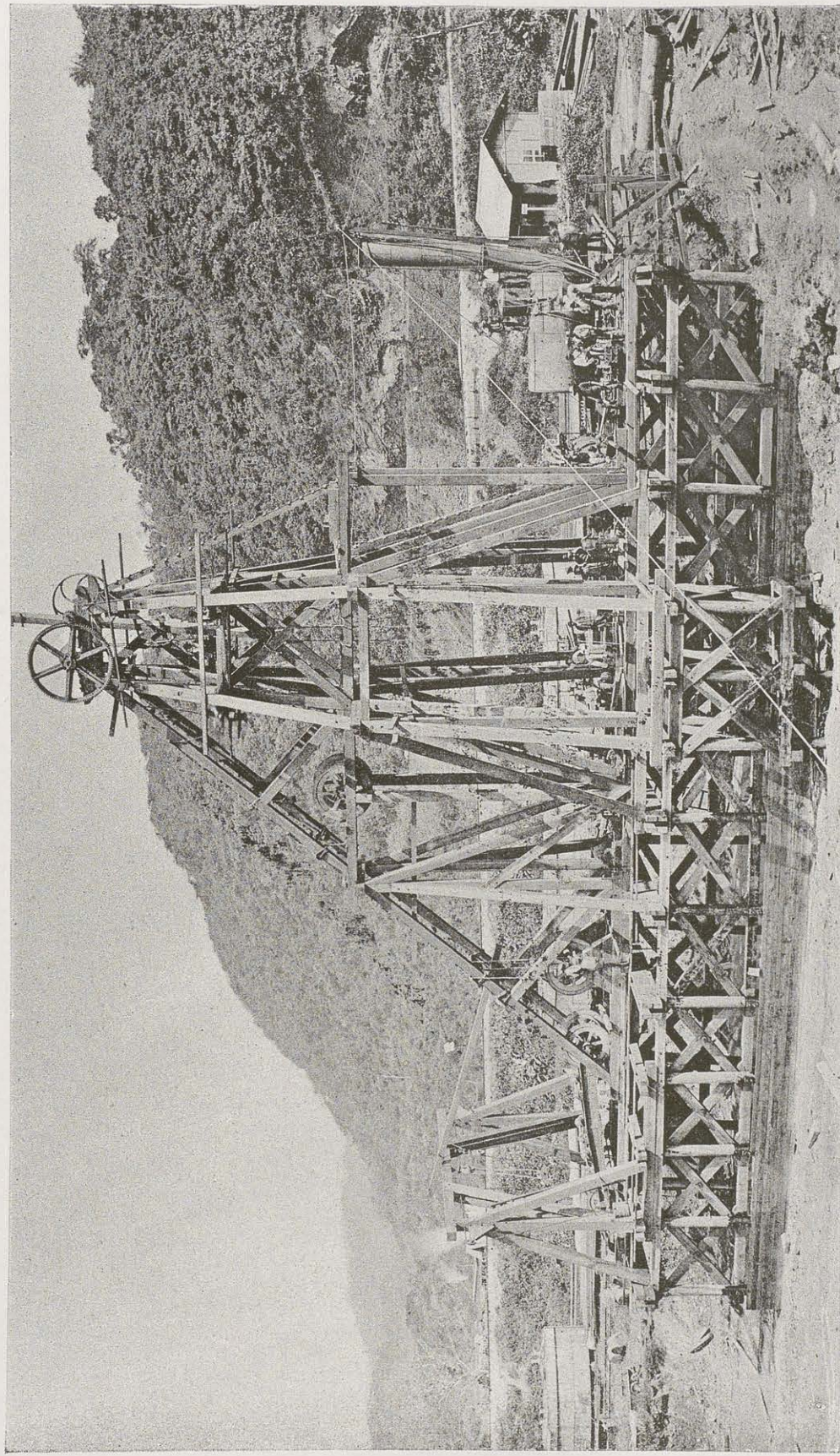
(TRAVAUX DE LA CULEBRA)



Vue photographique (h). — Cette vue, prise vers le milieu de 1888, représente la construction de la charpente de l'élevateur se profilant sur les voies de sortie des cotes 60, 68, 76 et 85. Il est construit à sec sur quatre rangées de pilotis battus dans le fond du bassin artificiel. A droite, on voit l'avant de la drague assemblée à sec au fond de la fouille.

CANAL INTEROCÉANIQUE DE PANAMA

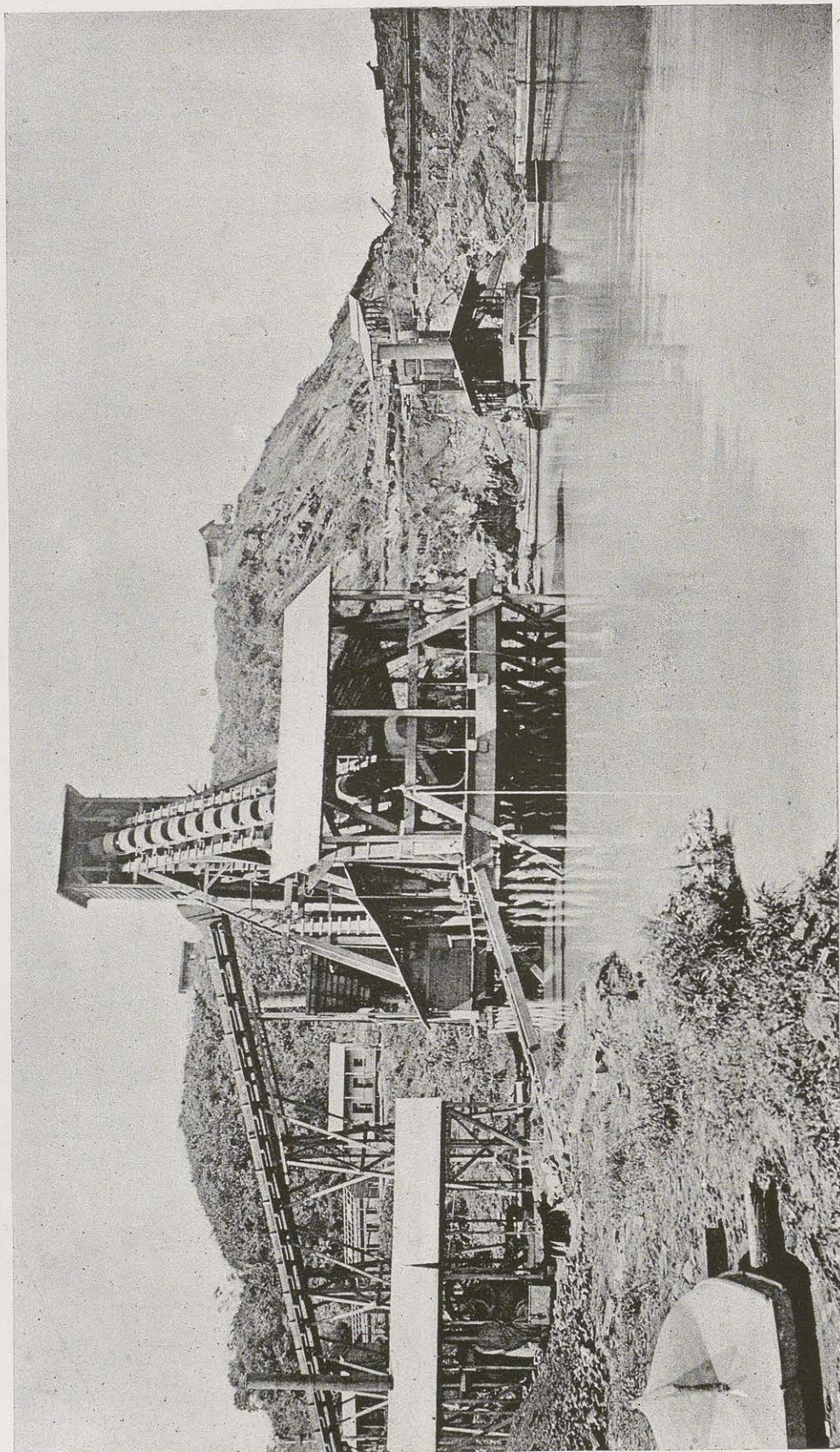
(TRAVAUX DE LA CULEBRA)



Vue photographique (i). — Cette vue représente l'élevateur en construction au même état d'avancement que la précédente. On voit le squelette de la charpente se profiler sur le talus du Panama Railroad. La montagne, dont le flanc forme le fond du tableau à droite, surmonte la rive droite du Rio-Grande qui coule à son pied, à une vingtaine de mètres en contre-bas du terrain autour de l'élevateur. Les excavations que l'on remarque sur ce flanc sont celles de la déviation du Panama Railroad dont le tracé devait être rejeté sur la rive droite du Rio-Grande dans les premiers mois de 1889.

CANAL INTEROCÉANIQUE DE PANAMA

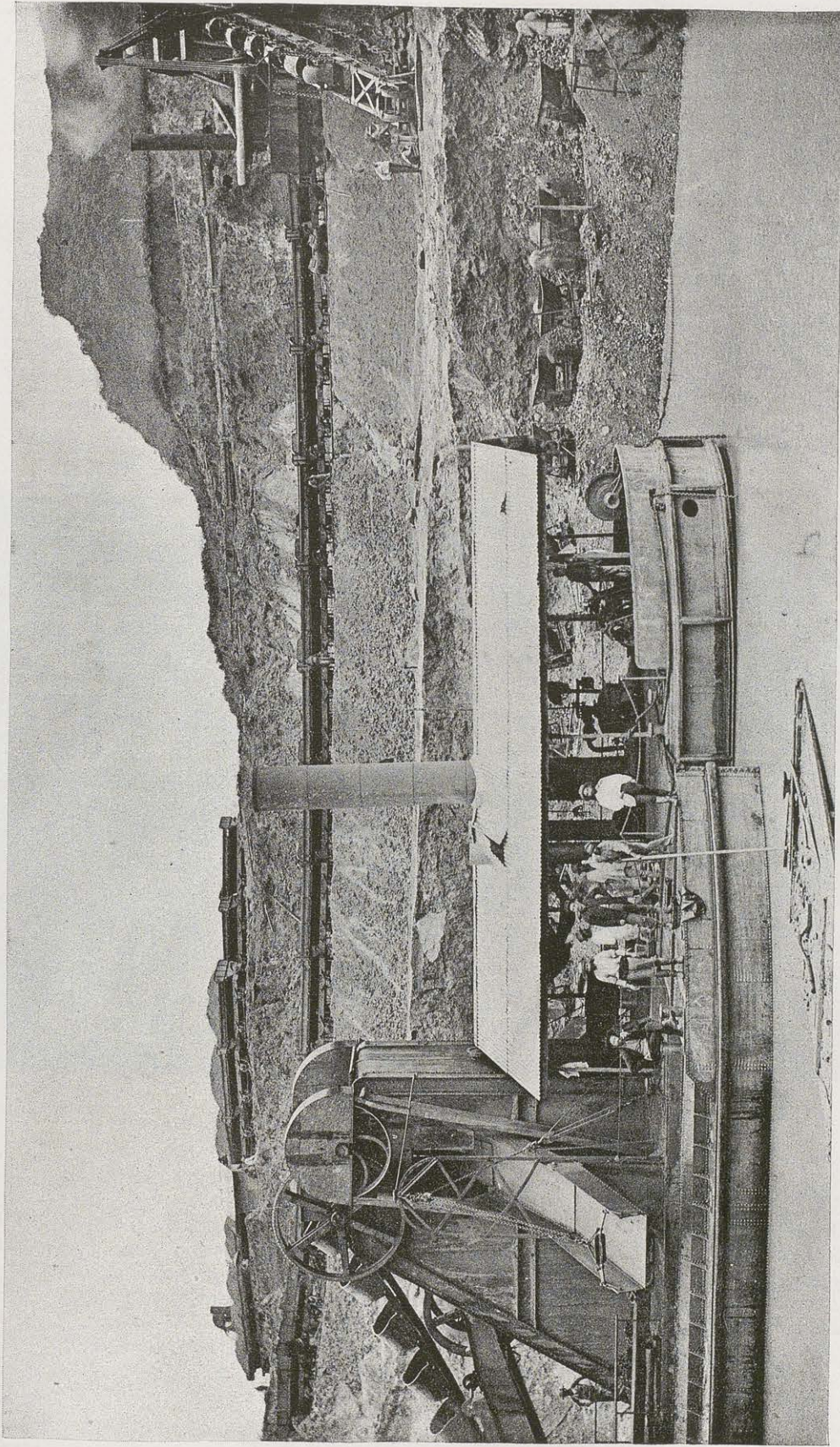
(TRAVAUX DE LA CULEBRA)



Vue photographique (1). — L'observateur est ici tourné de trois quarts vers Colon; il aperçoit à droite les talus d'excavation du Petit Cerro l'élevateur construit et la drague travaillant dans le bassin mis en eau. L'arrivée de l'eau se fait par un siphon partant du pied du barrage du Río-Grande et dont l'extrémité s'aperçoit à gauche de l'élevateur, sur le sol.

CANAL INTEROCCÉANIQUE DE PANAMA

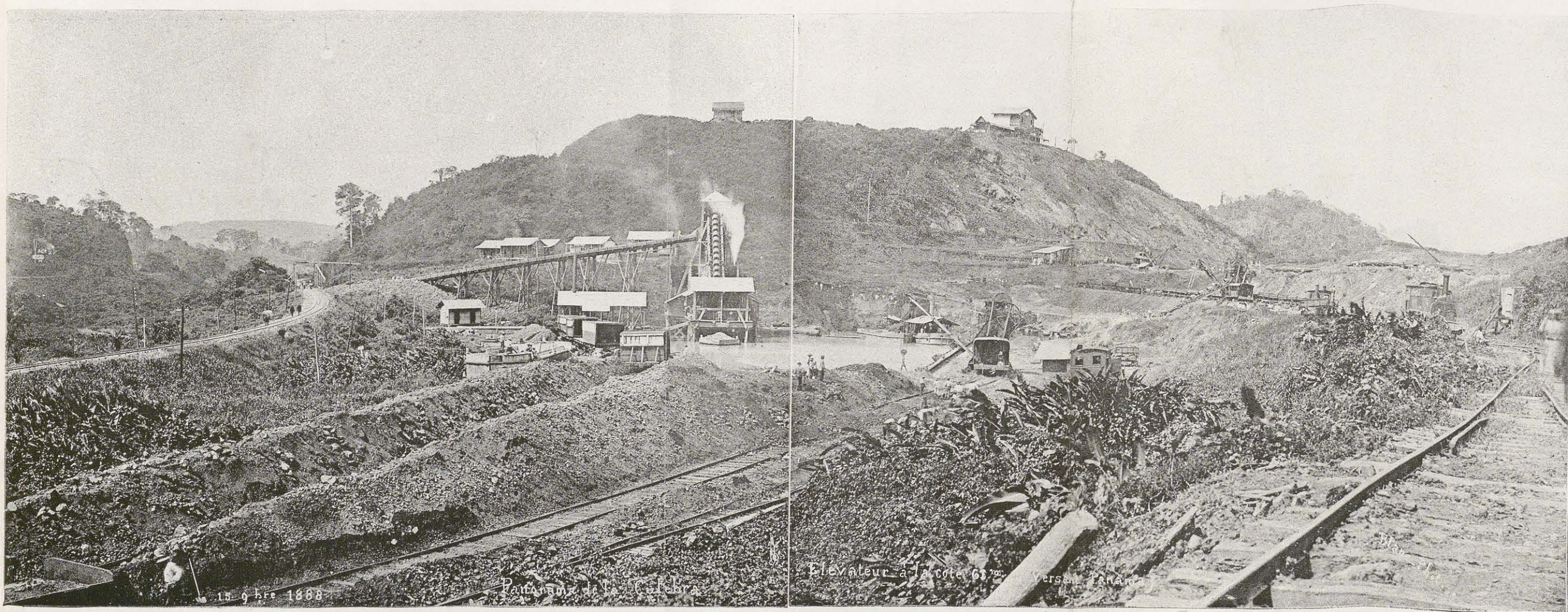
(TRAVAUX DE LA CULEBRA)



Vue photographique (k). — Elle représente la drague en travail telle que la voit l'observateur placé de manière à apercevoir non pas le Petit Cerro, comme dans la vue précédente, mais le Cerro Culebra.

CANAL INTEROCÉANIQUE DE PANAMA

(TRAVAUX DE LA CULEBRA)



Vue photographique (1). — Cette vue, prise comme les deux précédentes, en novembre 1888, montre, pour l'observateur presque tourné vers Colon, le Panorama général des travaux, sur le versant Panama, du massif de Culebra. L'élevateur reprend les déblais jetés dans le chaland par la drague. A gauche, au premier plan, des dépôts de charbon disposés le long de voies ferrées se raccordant en dehors du tableau avec le Panama Railroad; plus loin, les tronçons monumentaux d'une drague supplémentaire attendant le montage et un chaland tout prêt au travail attendant, pour être lancé, la nouvelle drague. Au centre, les talus du Petit Cerro au pied duquel passe la cunette dont le point le plus haut est à 46 mètres en contrehaut du niveau de l'eau où flotte la drague. Au premier plan, à droite, la voie de sortie de la cote 68, et enfin, sur la gauche, la ligne du Panama Railroad qui devait être incessamment rejetée sur l'autre côté de la vallée. On aperçoit assez nettement sur le dernier massif, à gauche de la feuille et en haut, au-dessous d'un groupe de huttes, une ligne blanche aboutissant à une brusque interruption verticale du massif qui dégage un arrière-plan légèrement plus éclairé : ce sont les travaux de la nouvelle voie dont la plateforme des terrassements et les maçonneries étaient complètement terminées à la fin de 1888. En abandonnant sa plateforme actuelle, le Panama Railroad rendait aux travaux une ligne excellente destinée à être utilisée pour la circulation des trains de décharge. Ces trains devaient venir se placer sous l'élevateur, et permettre de supprimer l'écoulement des déblais dragués dans un couloir : solution qui ne pouvait avoir que la portée d'une mesure temporaire permettant l'évacuation d'une ou deux centaines de milliers de mètres cubes.

CANAL INTEROCCÉANIQUE DE PANAMA

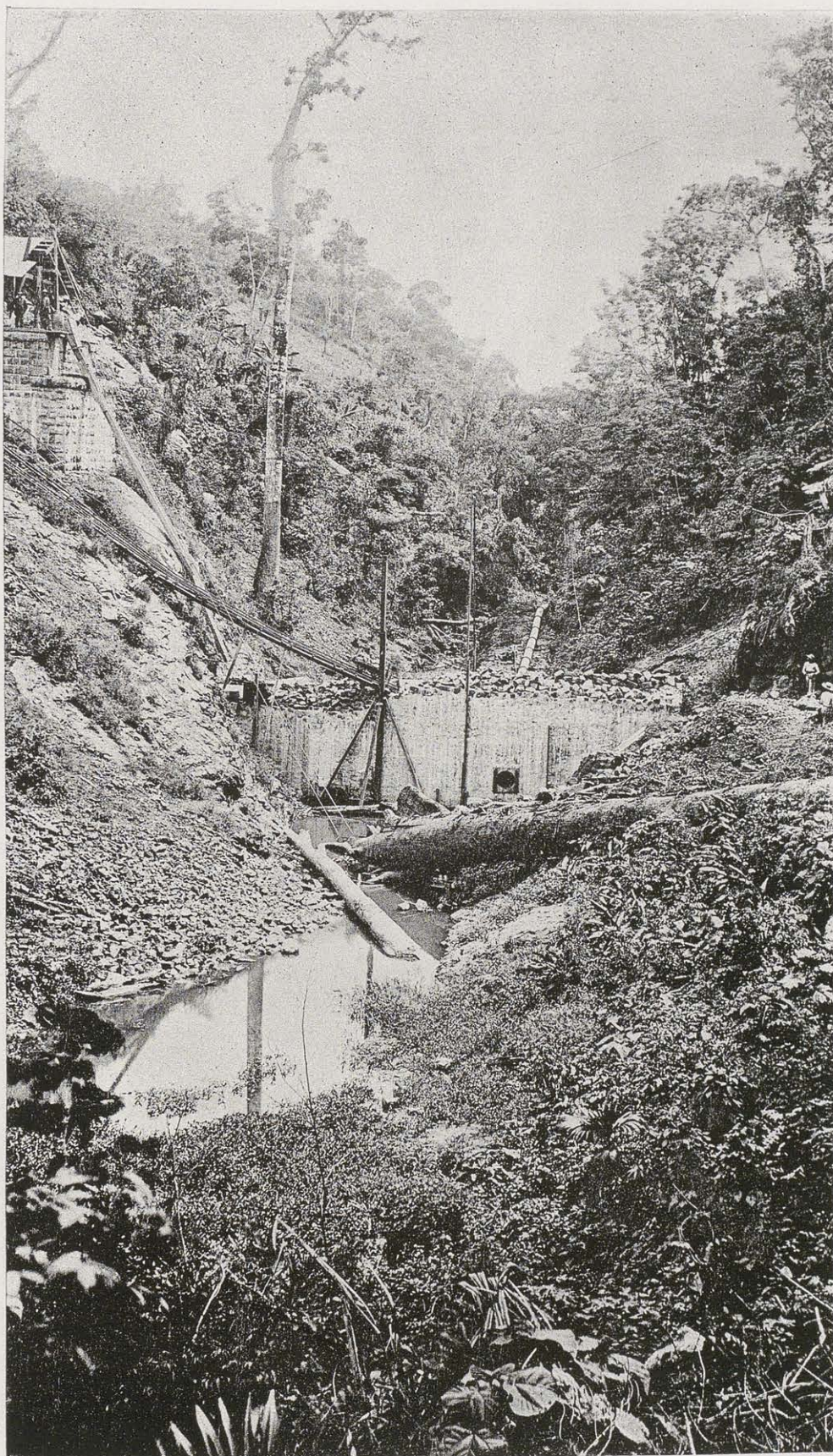
(TRAVAUX DE LA CULEBRA)



Vue photographique (m). — L'observateur est supposé avoir quitté le bassin de dragage pour aller en examiner l'ouvrage complémentaire, c'est-à-dire le barrage avec son bassin de retenue. La présente vue, prise en août 1888, représente, aperçu de l'aval, le barrage du Rio-Grande en construction. Il doit relever les eaux à la cote 66, c'est-à-dire 6 mètres en contre-haut du niveau du bassin de dragage. Le fond rocheux de la vallée est à la cote 52 environ. A droite, en haut, une des deux culées du pont métallique qu'on doit jeter sur la vallée du Rio-Grande à cet endroit pour la déviation du Panama Railroad. La crête du barrage doit s'élever jusqu'au pied des maçonneries de cette culée. Le tube-siphon prend l'eau au bas du barrage sur la gauche. Plus bas que la prise d'eau se voit un tube noyé dans la maçonnerie, et au niveau des maçonneries, à droite, un deuxième tube en cours de pose : ce sont des dégorgeoirs fermés par des robinets-vannes placés en vue de vider partiellement ou totalement le lac de retenue et de soulager le barrage pendant sa construction. Les pierres laissées en saillie sur le parement d'aval y sont mises en cas d'une élévation ultérieure du barrage pour d'autres besoins et en vue d'assurer une parfaite cohésion entre l'ancienne et la nouvelle maçonnerie.

CANAL INTEROCÉANIQUE DE PANAMA

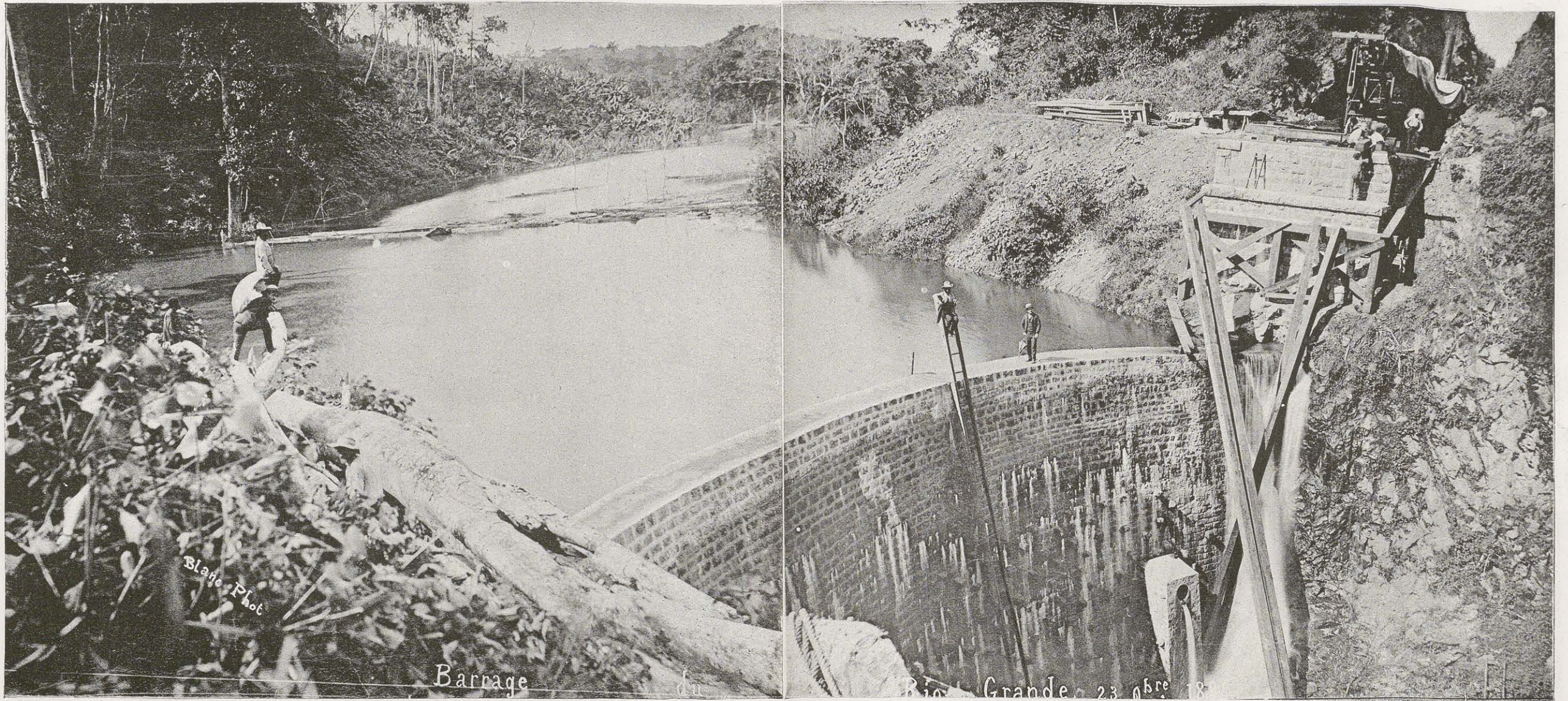
(TRAVAUX DE LA CULEBRA)



Vue photographique (n). — Cette vue du barrage en construction est prise de l'amont; on voit se détacher dans le loin le tube-siphon circulant au fond de la vallée.

CANAL INTEROCÉANIQUE DE PANAMA

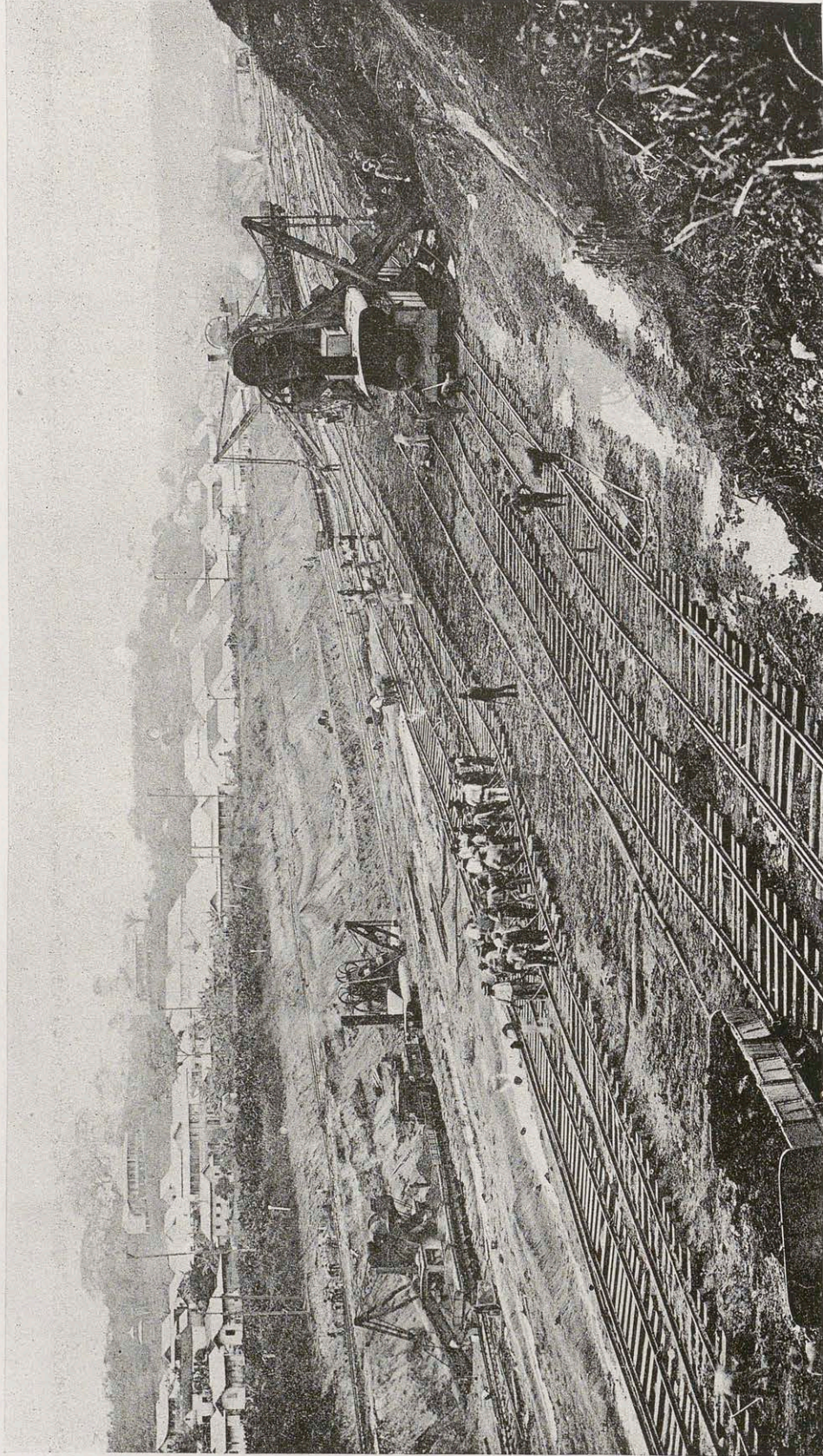
(TRAVAUX DE LA CULEBRA)



Vue photographique (a). — Cette vue représente la partie supérieure du barrage une fois construite. Les pluies d'automne ont rapidement rempli le bassin, dont la capacité est évaluée à cinq cent mille mètres cubes mais dont on n'aperçoit que l'origine étranglée. Le déversement du trop-plein se fait sur la gauche, pour éviter que la force des eaux tombant en cascade ne vienne ébranler la prise d'eau, soigneusement recouverte d'ailleurs d'un solide manteau de maçonnerie. La solidité des flancs a permis de construire ce barrage comme une voûte à axe vertical et de le considérer comme tenant sa résistance, non de sa masse propre, mais de la réaction des appuis latéraux. Il est calculé comme un tube plongé dans l'eau et subissant des pressions extérieures. Cette méthode a permis de ne pas atteindre une épaisseur de 4 mètres au pied, alors que, pour des barrages calculés par les méthodes usuelles, on eût obtenu une épaisseur de plus de 10 mètres, correspondant à une retenue de 14 mètres. La direction de la Compagnie du Canal, tout en n'imposant pas son veto à ce système, lui a opposé des réserves; mais la Société de la Culebra n'a pas hésité à en prendre la responsabilité entière, aucune objection légitime ne lui étant opposable, il était économique et d'une grande simplicité; il a d'ailleurs parfaitement réussi.

CANAL INTEROCÉANIQUE DE PANAMA

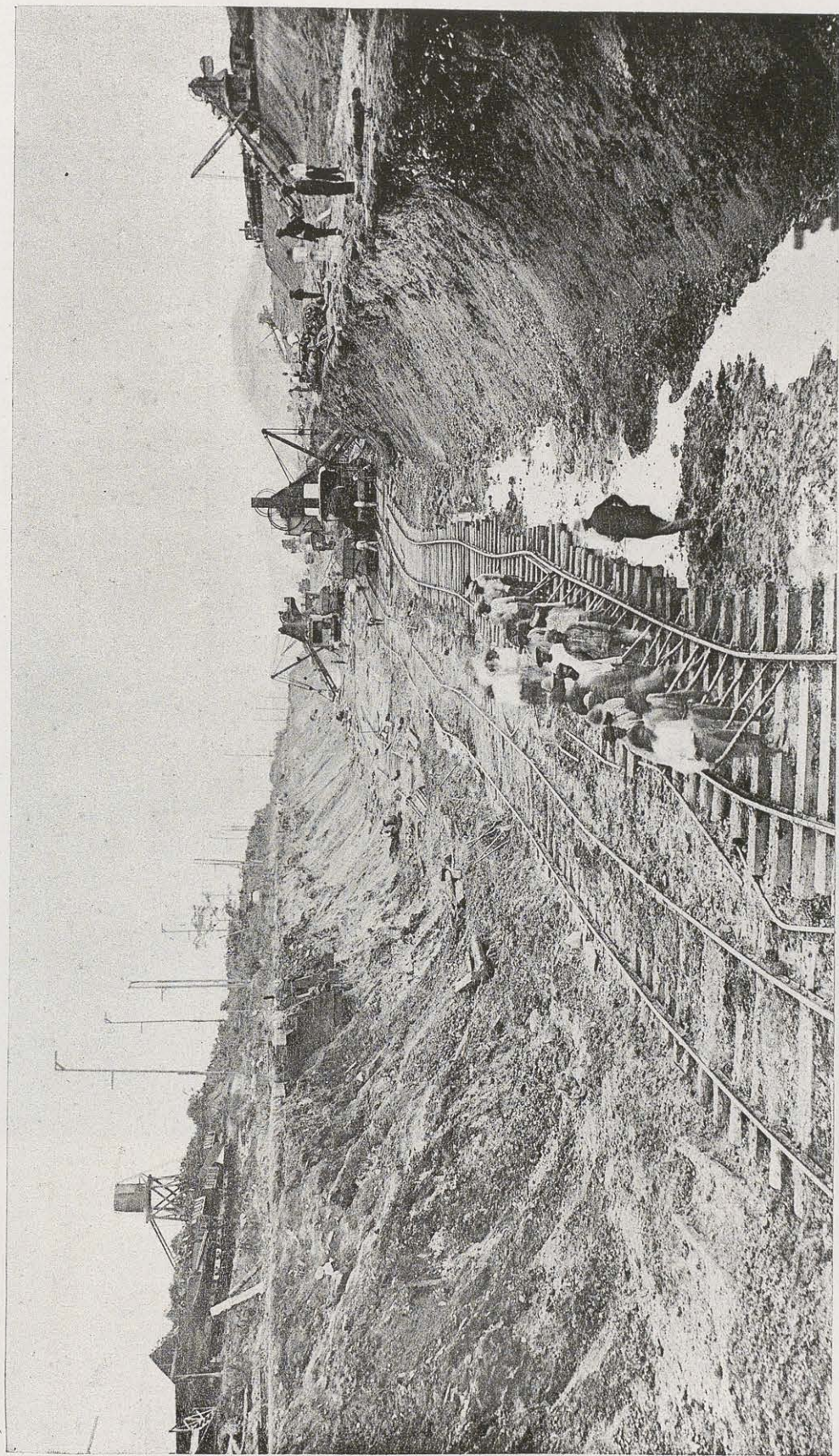
(TRAVAUX DE LA CULEBRA)



Vue photographique (p). — L'observateur, après avoir parcouru la Culebra dans la direction de Colon vers Panama, en passant par les lignes les plus basses de la tranchée, et revenant ensuite vers Colon, après avoir visité les travaux annexes du bassin de dragage côté Panama, est supposé, dans cette vue, effectuer son retour par la cote 83, après avoir dépassé le Cerro Culebra et le Petit Cerro. Il est placé entre les points correspondants aux vues (d) et (e), et il voit au-dessous de lui, à moitié caché dans le repli du terrain, les instruments de travail qu'il a déjà rencontrés aux cotes 75 et vus employer soit à battre au large le plan du chantier, soit à creuser une cunette au-dessous.

CANAL INTEROCÉANIQUE DE PANAMA

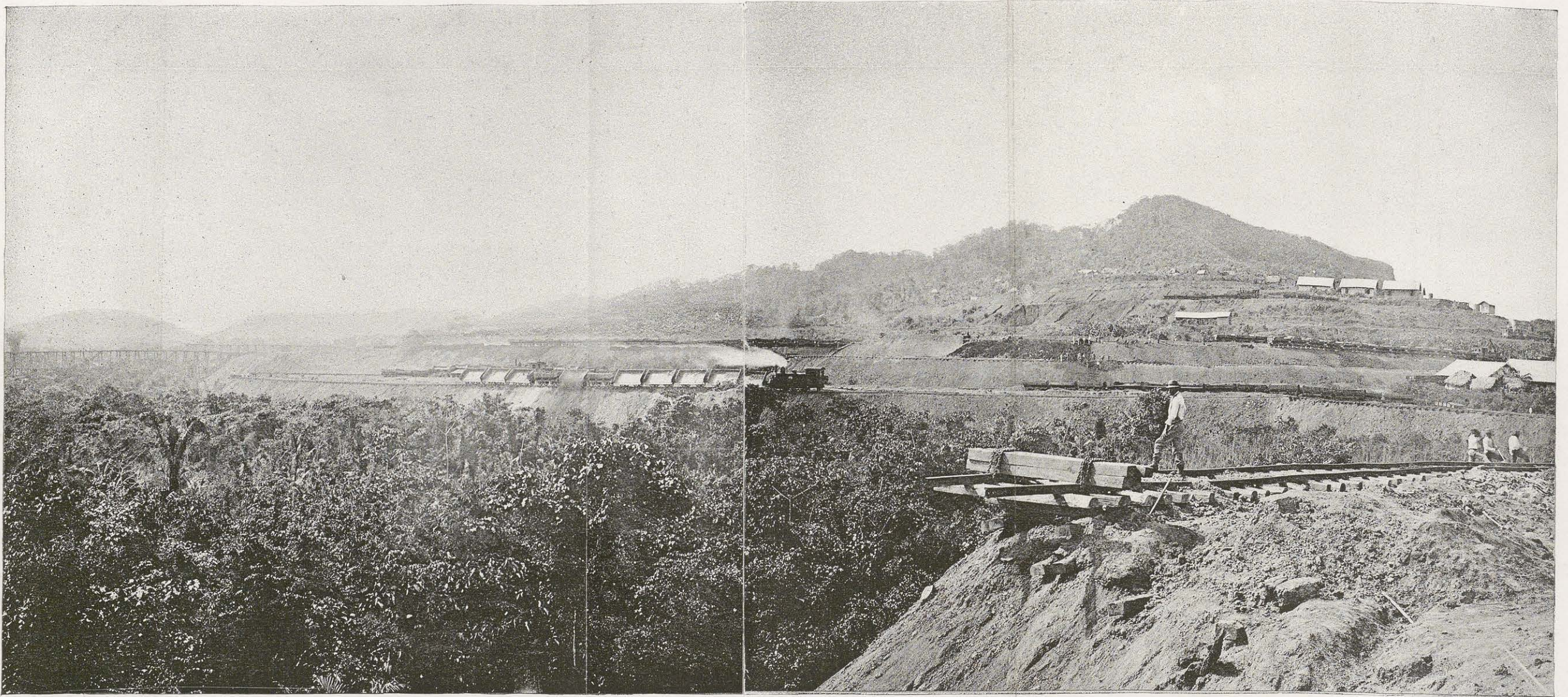
(TRAVAUX DE LA CULEBRA)



Vue photographique (q). — S'il descend de la cote 85 dans le fond de la basse cunette qu'il a parcouru déjà une fois, l'observateur, continuant son retour vers Colon, verra dans la présente vue le travail de développement de la cunette à la cote 75 en même temps que le creusement, par un excavateur en fouille, de l'étage immédiatement inférieur. Il est à peu près au même point que lorsqu'il s'est trouvé en (e), mais il dirige son regard en sens inverse.

CANAL INTEROCÉANIQUE DE PANAMA

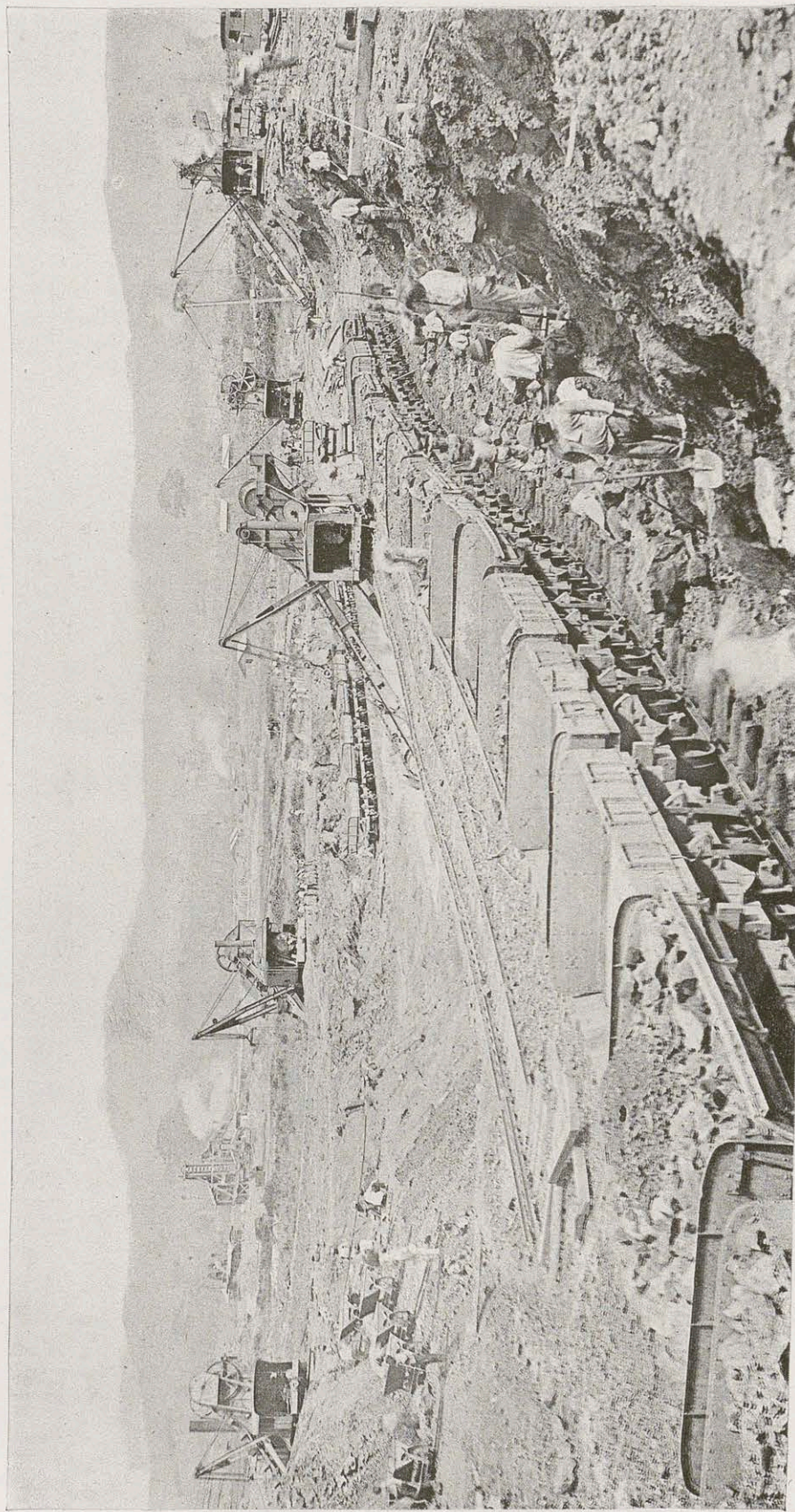
(TRAVAUX DE LA CULEBRA)



Vue photographique (r). — Après avoir parcouru les excavations du massif proprement dit de Culebra, il convient de jeter un coup d'œil sur les décharges qui ont constitué une difficulté si grande pour les travaux des parties supérieures de la tranchée. La présente vue, prise au point (r), montre les étages successifs des décharges qui s'avancent dans la haute vallée de l'Obispo. Au premier plan, à droite, le cavalier de terre qui s'aperçoit isolé, avec un chef d'équipe debout à l'extrémité, provient d'une décharge sur estacade qui a été totalement remblayée et qui, offrant désormais un noyau stable, pourra recevoir des décharges sur ses talus de droite et de gauche. Pour cela on subdivisera en deux voies la ligne unique encore visible et qui était supportée directement sur le pont de charpente. Les décharges que l'on voit à gauche du milieu de la feuille proviennent également de dispositions semblables; enfin à l'extrémité gauche on voit se profiler à l'horizon des estacades non encore comblées. On reconnaît facilement à droite le profil du Cerro Culebra, puis, immédiatement au dessous des maisons les plus hautes, la voie de circulation de la cote 105, puis au dessous successivement les voies de sortie des cotes 95, 85, 80, 75. Cette vue panoramique complète celle que donne la vue (a) par laquelle nous avons commencé. La première montre les attaques successives, et celle-ci les décharges qui leur correspondent aux différents étages. Cette vue a été prise vers la fin de l'année 1888.

CANAL INTEROCCÉANIQUE DE PANAMA

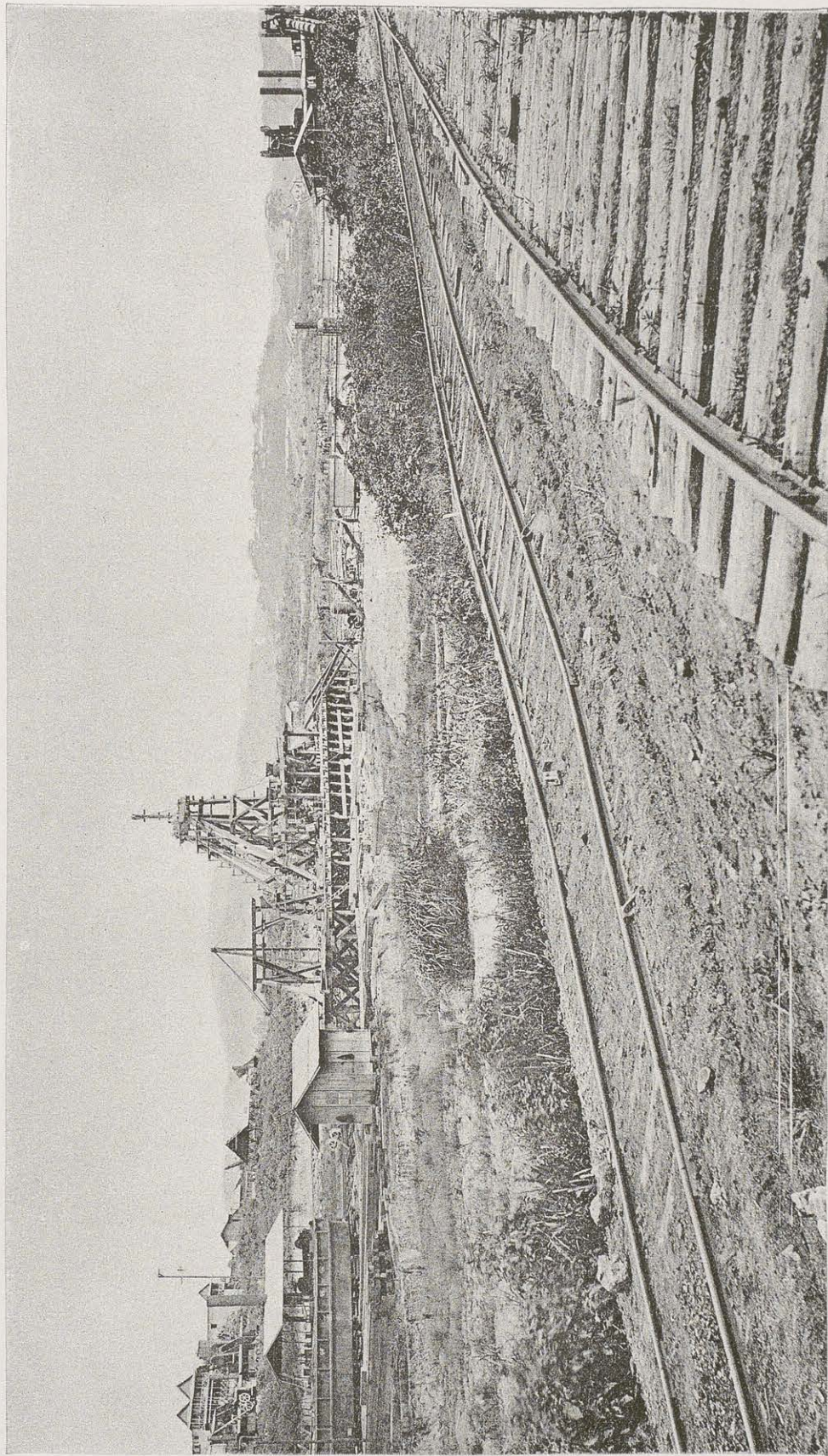
(TRAVAUX DE LA CULEBRA)



Vue photographique (s). — Après avoir épuisé tout ce qui est relatif au massif de Culebra, il reste à examiner la partie des travaux comprise entre l'origine de la section et ce que nous avons appelé le pied du massif de Culebra, côté Colon, c'est-à-dire la partie de la haute plaine de l'Obispo qui a été rattachée à la Culebra. Si l'observateur se porte sur le premier plan de la vue panoramique, et si, tournant le dos au massif, il regarde vers Colon, il apercevra les chantiers complémentaires dont il s'agit et qui sont représentés sur cette vue prise en novembre 1888. La ligne de wagons du premier plan va pénétrer dans la cunette, ouverte par l'excavateur en fouille qui figure au premier plan de la vue (c); seulement entre les deux se trouve un massif de roche dure qui est exploité à la main et chargé à bras sur wagons. A l'étage où roulent ces wagons, un excavateur en fouille ouvre déjà une nouvelle cunette pour l'étage inférieur. Lors de la suspension définitive des travaux, la nouvelle cunette était en cours d'exécution avancée et l'excavateur qui nous voyons de profil avait été coté en travail dans le massif. Au loin, à l'extrémité du chantier, on voit se

CANAL INTEROCCÉANIQUE DE PANAMA

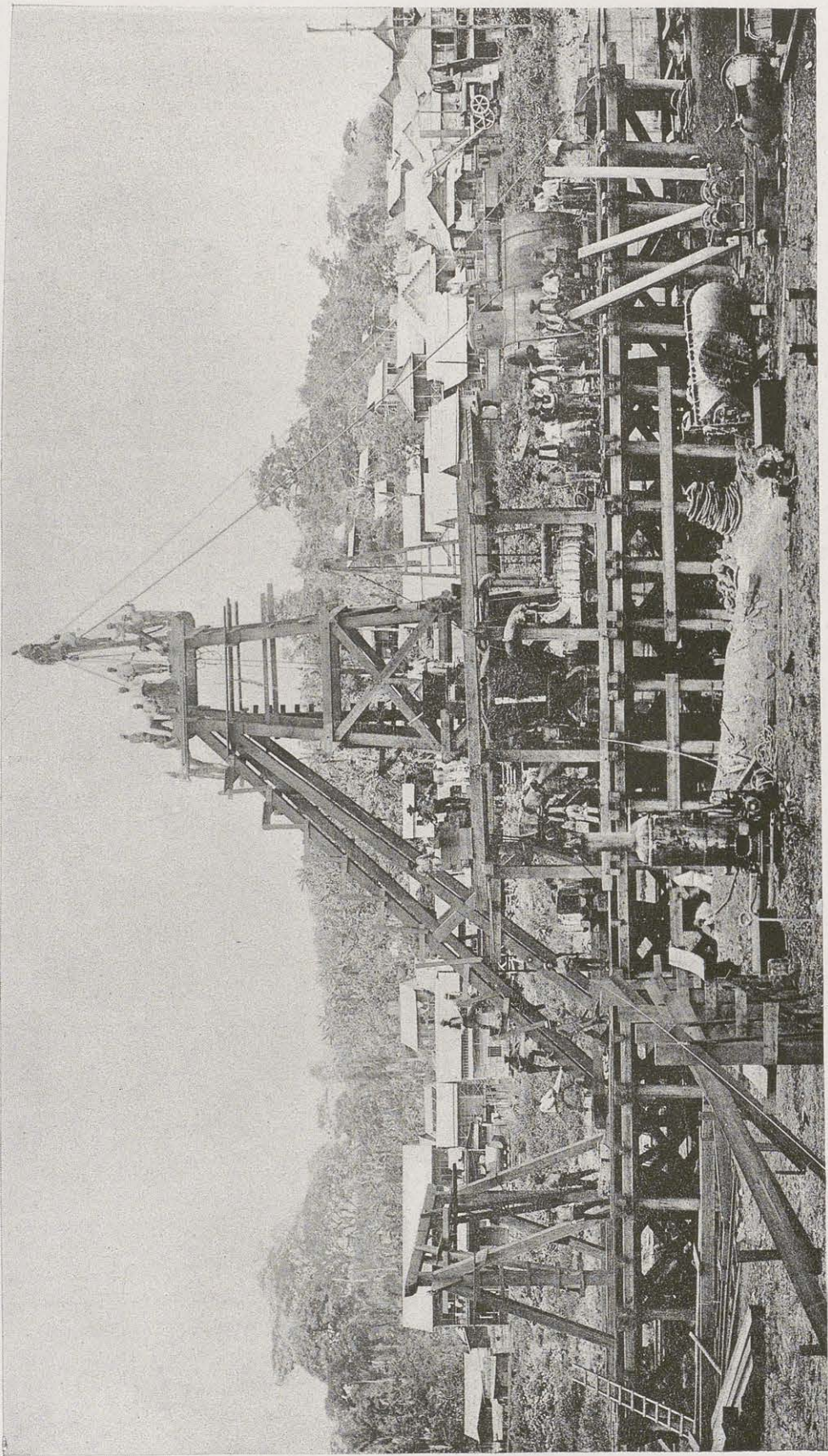
(TRAVAUX DE LA CULEBRA)



Vue photographique (1). — Cette vue représente l'élevateur et les dragues en construction du bassin de dragage côté Colon, tels qu'ils se présentaient au milieu de l'année 1888.

CANAL INTEROCÉANIQUE DE PANAMA

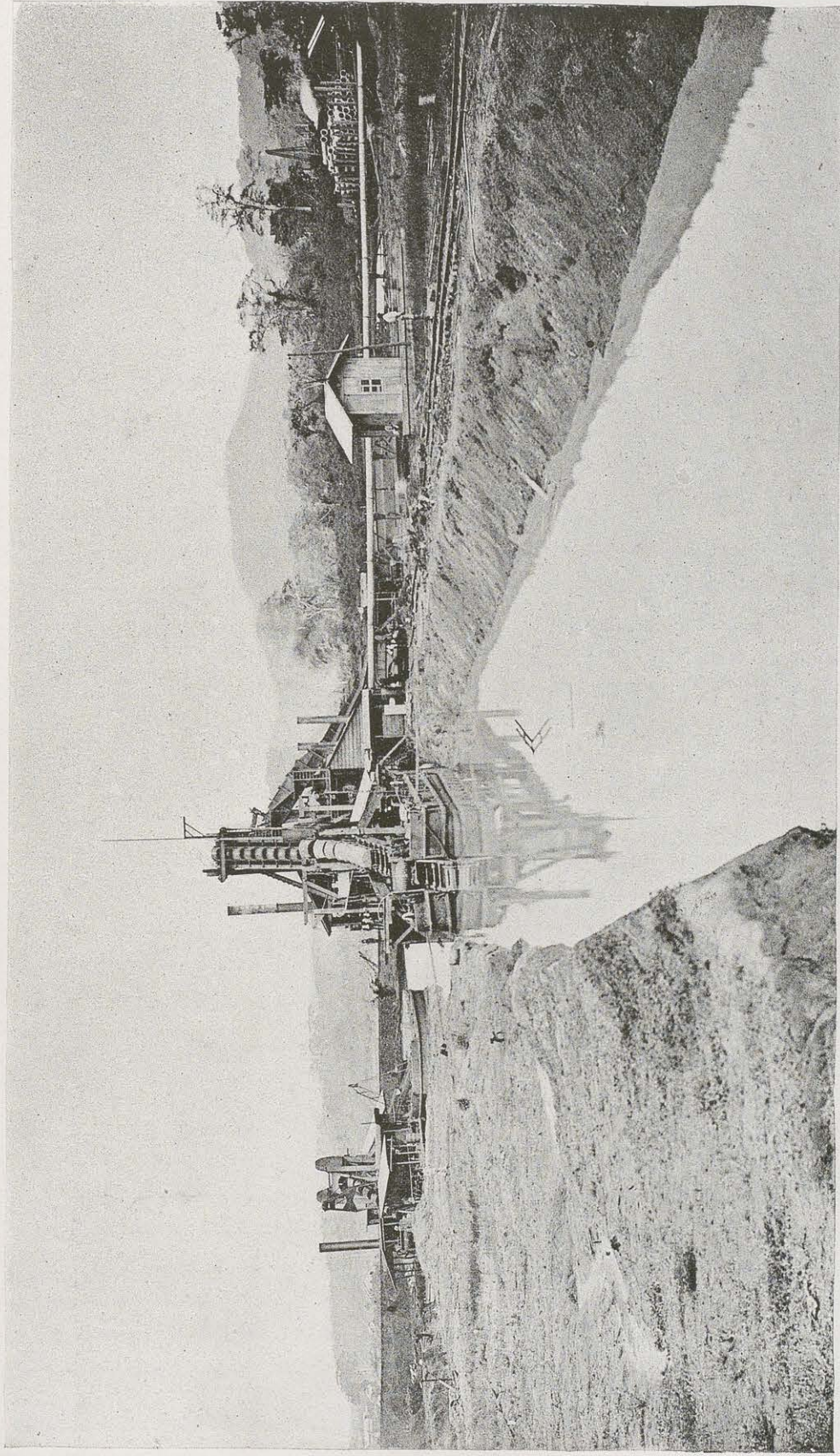
(TRAVAUX DE LA CULEBRA)



Vue photographique (u). — On voit ici l'élevateur en montage, au même moment que dans la vue précédente. Il se profile sur le village indigène de Culebra situé par rapport à lui sur la rive opposée du Canal. Les circonstances locales n'exigent pas pour cet élévateur une aussi grande hauteur que de l'autre côté. En outre on devait essayer un système de transport des déblais à l'aide d'eau sous pression (système Vasset), tout en se réservant, en cas d'insuccès, le transport par wagons des déblais excavés, comme de l'autre côté. On distingue les énormes marmites-sas à déblais sous le beffroi de l'estacade et les gros corps de pompes gisant sur le sol et non encore mis en place.

CANAL INTEROCÉANIQUE DE PANAMA

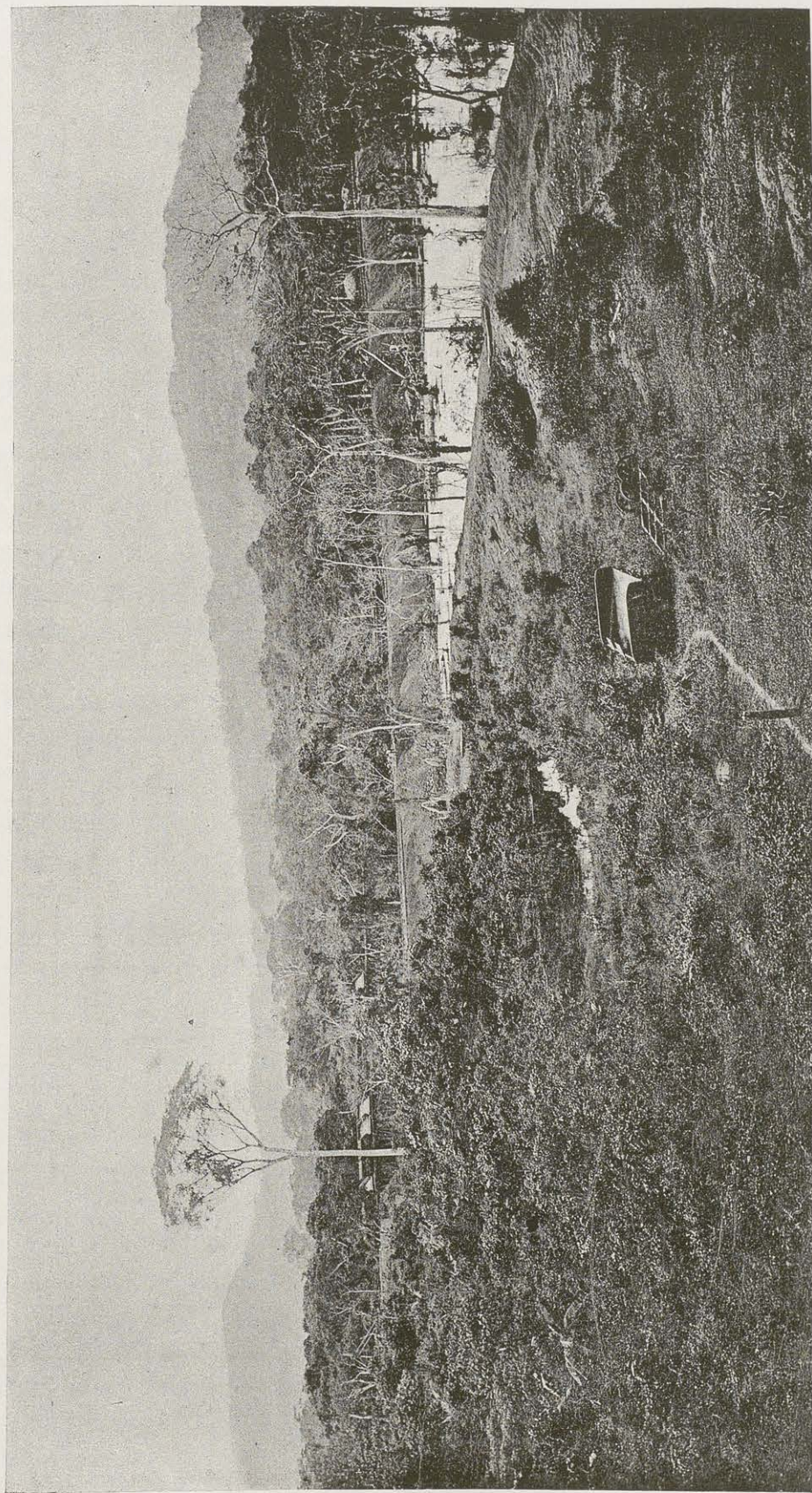
(TRAVAUX DE LA CULEBRA)



Vue photographique (v). — Dragage en marche. Dans cette vue une drague se présente en avant de l'élevateur et gêne la netteté de vue; elle n'était pas d'ailleurs encore en fonction. La drague en travail se voit sur la gauche de la vue remplissant un chaland.

CANAL INTEROCÉANIQUE DE PANAMA

(TRAVAUX DE LA CULEBRA)



Vue photographique (s). — Cette vue représente une petite partie du lac de retenue créé pour l'alimentation du bief artificiel de dragage côté Colon. Le barrage a été fait simplement avec un dépôt de terres réalisé comme une décharge ordinaire à l'aide d'une estacade. Un deuxième cavalier barré, destiné à renforcer le premier, est en construction; au second plan on distingue des wagons en cours de déchargement et supportés sur une structure de charpente. La faible surélévation à donner aux eaux, 2^m.50 à 3 mètres, la possibilité d'écouler le trop-plein par un déversoir amplement suffisant, enfin le faible courant du ruisseau, ont permis de prendre pour barrage un simple cavalier de décharge; il serait légitime d'inclure du succès obtenu dans ces conditions une formule pour la construction des grands barrages.

Cette vue complète la tournée faite sur les travaux de la Culebra par l'observateur fictif que nous avons imaginé parcourant la tranchée en partant de la station du Panama Railroad.

EXAMEN DES DIFFÉRENTS RÉGIMES ADMINISTRATIFS DES TRAVAUX

Il nous reste, pour terminer cette revue du passé, à examiner les différents régimes administratifs qui ont présidé à l'exécution des travaux.

La Compagnie a d'abord effectué ses travaux en régie, puis au moyen de petits entrepreneurs ou tâcherons; enfin elle a constitué de grandes entreprises.

On peut se poser, à cet égard, plusieurs questions :

1° Pour quelles raisons la Compagnie a-t-elle substitué à la régie, les petites entreprises?

2° Pour quelles raisons a-t-elle remplacé les petites entreprises par des entreprises générales?

Nous nous proposons, dans ce qui suit, de mettre en lumière les motifs qui ont amené ces changements successifs et la cause de l'insuccès d'une partie des entreprises générales.

PREMIÈRE QUESTION. — *Pour quelle raison la Compagnie, avec un personnel considérable et largement rétribué, a-t-elle substitué à la régie, les petites entreprises?*

La question ainsi posée n'est pas spéciale à l'œuvre de Panama, c'est la lutte éternelle entre la régie et l'entreprise.

A priori, il semble qu'avec un personnel savant, honnête et dévoué, une grande Société ou l'État ait avantage à exécuter les travaux en régie et qu'il doive bénéficier de tout écart existant entre le prix que coûtent les travaux aux entrepreneurs et les sommes qu'ils reçoivent pour les travaux mêmes.

La question a été longuement discutée en France, et la pratique des faits a constamment indiqué que les travaux exécutés à l'entreprise sont meilleur marché que ceux exécutés en régie directe : l'administration des travaux publics qui, depuis ses origines jusque vers 1830 ou 1840, n'avait guère connu que la régie, a définitivement abandonné ce système et lui a substitué l'entreprise.

Où pourrait-on pourtant trouver une administration de travaux qui jouisse plus que celle des Ponts et Chaussées des qualités de savoir, de compétence, de dévouement et d'intégrité?

La vérité est que ces qualités si précieuses et si nécessaires ne sont pas les seules à considérer quand il s'agit d'évaluer ce qui peut alléger ou alourdir le prix de revient des travaux publics.

Il manque toujours à la régie d'un État ou d'une grande Compagnie ces

deux stimulants indispensables qui sont la responsabilité financière et l'intérêt personnel.

C'est cette double notion qui forme en réalité le cœur et l'âme de toute entreprise de travaux et c'est à son absence qu'il faut attribuer l'infériorité relative de l'exécution en régie au point de vue économique.

Si ce que je viens de dire a été démontré vrai pour la France malgré les qualités supérieures du personnel des travaux publics de l'État, ce l'était *a fortiori* à Panama où le recrutement du personnel présentait des garanties infiniment moindres, et où l'influence dévastatrice de la fièvre jaune, l'abattement physique et moral résultant d'un climat paralysant, venaient chaque jour troubler l'équilibre obtenu la veille et créaient par suite d'incessantes variations dans le personnel des travaux.

Il fallut néanmoins commencer en régie et c'est sous cette forme que l'on chercha à réaliser quelques embryons de travaux, de la mort de M. Blanchet à l'arrivée de M. Dingler, c'est-à-dire jusque vers 1883.

Le Directeur général d'alors, M. Dingler, chercha dès le début de sa gestion à rendre plus fructueux les efforts qui s'étaient développés antérieurement, en faisant entrer en ligne de bataille le stimulant de la responsabilité financière et l'intérêt personnel.

Il chercha donc et à juste raison à constituer des entreprises et à faciliter la création de ces affaires dans une large mesure, en n'exigeant que des cautionnements relativement restreints et en mettant du matériel à la disposition des entreprises à des conditions très douces.

C'est de cette époque que datent en réalité les travaux sérieux du Canal. Sous l'impulsion du régime nouveau et grâce à l'attraction du bénéfice à venir, un grand nombre de petites entreprises se créèrent, parmi lesquelles un certain nombre furent conduites avec méthode et donnèrent des résultats très satisfaisants.

DEUXIÈME QUESTION. — *Pour quelle raison la Compagnie a-t-elle abandonné le système des petites entreprises pour celui des grandes entreprises, les prix de ces dernières étant notablement plus élevés?*

La constitution des petites entreprises, si elle avait donné la vie aux travaux, comportait par contre des défauts très grandes, mais qu'il était impossible d'éviter, car elles étaient la conséquence inévitable et du régime lui-même, et des circonstances dans lesquelles il s'était développé et du conditionnement physique et moral du milieu où il était né.

En effet, dans un pays tel que celui de Panama, un entrepreneur d'ordre inférieur, qui n'a déposé qu'un cautionnement restreint, dont la surface financière est peu étendue, ayant contracté avec une compagnie riche, se trouve vis-

à-vis d'elle, lorsqu'il s'agit d'exécuter un traité et d'en apprécier les termes, dans des conditions de supériorité absolue; en réalité, la Compagnie seule est liée, car le tâcheron échappe facilement, en raison de son exigüité même, à toute obligation contractuelle onéreuse pour lui.

Or, il est absolument impossible de distribuer les travaux, même en subdivisant à l'infini les entreprises, de façon à ce qu'à chaque mètre cube excavé corresponde pour l'entrepreneur identiquement la même dépense.

Les conditions d'exécution, les difficultés et par suite les prix de revient varient aux différents points de la surface attaquée avec le niveau de l'attaque, avec l'éloignement et la disposition des décharges, avec la nature du sol, rocheuse ici, terreuse là, consistante ou ébouleuse.

Non seulement les prix de revient varient incessamment d'un point à l'autre, mais au même point, suivant la saison, les frais d'excavation peuvent varier du simple au double et même plus.

Il résulte de tout cela qu'un petit entrepreneur ou tâcheron ayant uniquement le souci de réaliser le plus vite possible le maximum de bénéfices avec le contrat obtenu, portait tout naturellement ses efforts sur la partie la plus fructueuse des travaux à lui confiés et cherchait à se soustraire à ses obligations après avoir pleinement usé de ses droits dans les conditions les plus favorables pour lui.

Il y a d'autant plus de tentations dans l'Isthme, pour un entrepreneur peu scrupuleux, de tomber dans l'immoralité d'un mauvais procès que la justice, en Colombie, ne se rend pas sans des complications extrêmement dangereuses pour les plaideurs présentant une surface et une responsabilité considérable.

En outre, il se trouve toujours, et en grand nombre, des solliciteurs de procès qui se chargent volontiers de réclamer en justice des indemnités, en se chargeant des frais de procédure moyennant le partage de la somme éventuellement à arracher à la partie adverse.

La subtilité des procédures, l'interprétation casuistique des textes, non seulement faisaient courir à la Compagnie les plus grands dangers financiers, mais encore elles paralysaient ses travaux, en stérilisant toute action dans les chantiers au cours des expertises et autres formalités judiciaires.

En dehors des dangers inhérents à l'interprétation des contrats et à leur exécution, la Compagnie, dans l'obligation de payer les travaux presque au jour le jour, avait à se mettre constamment en garde contre des erreurs dans le chiffre des travaux payés.

Il résultait de tout cela non seulement des préoccupations et des difficultés constantes mais encore une administration particulièrement lourde, pénible et coûteuse en raison du contrôle incessant et étendu qu'elle exigeait à chaque instant.

Toutes ces difficultés qui s'accroissaient de jour en jour eussent seules suffi à justifier une transformation du régime des travaux, quand ce n'eût été que

pour subdiviser l'effort et démembrer en quelque sorte la direction générale des travaux en quatre ou cinq groupes autonomes et indépendants, quant aux procédés techniques et administratifs d'exécution, et n'ayant à rendre compte que du cube exécuté dans la limite des emprises du Canal.

On eût donc été conduit à la subdivision des travaux en grandes entreprises si une autre raison, plus importante encore, ne l'avait impérieusement exigé.

Les petites entreprises constituées au début avaient été naturellement chargées d'éliminer les premiers obstacles, c'est-à-dire les protubérances du sol, les buttes rencontrées par le tracé. La disposition topographique de ces parties de l'excavation rendait cette première série de travaux relativement facile.

La possibilité d'établir une grande quantité d'attaques étagées sur le flanc des coteaux, la proximité des décharges permettaient presque partout d'employer le wagonnet Decauville, l'instrument incontestablement le mieux adapté aux travaux à sec dans l'Isthme, lorsque la nature des lieux et le genre des travaux s'y prêtent.

Les ouvriers noirs ont montré dès le début une véritable affection pour cet instrument de travail, tout d'abord parce que, grâce à lui, le travail est discontinu et ne présente pas la monotonie odieuse aux nègres d'un effort constant, toujours exercé dans le même sens. La faible hauteur des rebords du wagonnet permet aux pelleteurs de le charger sans grande fatigue, car il n'exige pas l'effort musculaire du jet de pelle nécessaire pour lancer la terre dans les grands wagons. En outre, le noir peut y travailler à sa guise, car il travaille à la tâche et peu importe que sa tâche soit exécutée à telle ou telle heure de la journée.

Chaque fois qu'un wagonnet Decauville sort de la tranchée pour aller aux décharges, l'ouvrier qui le mène reçoit un bon correspondant, et tout est dit.

Il est clair que des chantiers organisés de la sorte n'exigent ni grandes installations ni personnel technique supérieur et que l'entrepreneur n'a pas, en réalité, beaucoup plus à faire, après la première installation, qu'à laisser contrôler et pointer soigneusement la sortie des wagons, et c'est là ce qui explique le bas prix relatif des petites entreprises du début et les bénéfices, malgré cela importants, qui ont été réalisés par leurs titulaires.

Mais une telle organisation ne pouvait correspondre qu'à une période de débuts.

Même celle des petites entreprises qui ne marchaient pas au matériel Decauville, et elles étaient peu nombreuses, avaient des installations restreintes ou insuffisantes, incapables de lutter avec les grandes difficultés de l'excavation des tranchées profondes.

Il fallait donc, autant pour les raisons qui ont été exposées plus haut que pour la mise en œuvre des grands travaux proprement dits, changer le système de travail et créer des entités puissantes, responsables de l'exécution d'une

partie importante du Canal, concentrant tous les moyens d'action, travaillant d'après des conceptions plus hautes et plus générales que ne pouvaient le faire une série de petites entreprises à intérêts discordants.

Tel est l'ordre d'idées absolument logique, conforme à la nécessité des faits et à la marche des événements qui ont amené la suppression de petites entreprises à la fin de 1885. Ce mode administratif d'exécution avait, comme avant lui la régie, correspondu au développement d'une période historique des travaux du Canal. C'est ainsi que j'apprécie, *a posteriori*, les raisons qui ont dicté à la Compagnie ce changement d'état. Elles me semblent résulter de la logique des événements. Je n'étais point à Paris lorsque ces décisions ont été prises, je n'ai donc point été parmi ceux qui les ont conseillées : cela me laisse d'autant plus de liberté pour dire qu'elles étaient en harmonie avec l'évolution normale des choses.

Mais si je crois que la Compagnie a été sagement inspirée en se dégageant de l'ancien système, il faut constater qu'elle n'a pas été aussi heureusement inspirée dans le choix des diverses entités auxquelles incombait l'exécution des différentes parties du Canal.

Peut-on le lui imputer à crime ? De ce que la réussite ait été inégale dans les différentes parties, doit-on conclure qu'il y ait eu faute grave de la part de l'Administration du Canal ?

Les résultats des grandes entreprises ont été la conséquence inéluctable d'une double circonstance dont il était peut-être, en 1885, encore difficile d'avoir la notion, et qui résidait dans la nature des travaux à exécuter en même temps que dans le mode de recrutement des grandes entreprises, mode de recrutement imposé au Conseil d'administration de la Compagnie par les habitudes trop doctrinaires de concevoir les affaires dans notre pays. Pour se rendre un compte exact du problème posé par la constitution des grandes entreprises, il convient tout d'abord de jeter un coup d'œil sur la nature des travaux qu'elles avaient à accomplir.

On peut dire que les travaux du Canal se subdivisent en deux groupes principaux :

1° Les travaux de terrassements à sec ; 2° les travaux de terrassements par dragage.

Les travaux à sec au gros matériel, exécutés avec des locomotives de 30 tonnes, des wagons emportant chacun 10 tonnes de déblais, comportent dans la pratique de l'Isthme une série d'incessantes difficultés, la nature du sol, les éboulements, les eaux de pluie ou de rivières, les décharges créent à chaque pas des problèmes nouveaux dont la solution exige beaucoup de perspicacité, d'intelligence, d'énergie et d'efforts continus de la part de la direction. Avec un personnel d'ouvriers paresseux et négligents comme les nègres, avec un personnel blanc constamment éprouvé par la maladie et décimé par la mort, la lutte contre les obstacles naturels rend absolument indispensable,

chez ceux qui la dirigent, un caractère exceptionnellement trempé au point de vue moral, aussi bien qu'au point de vue physique.

En outre, ceux qui dirigent ce véritable combat de guerre ont besoin d'une complète liberté de décision au cours de la réalisation si difficile de leurs travaux.

L'apparente sagesse d'ordres venus de loin, émanés d'ingénieurs qui n'ont aucune notion des difficultés réelles à surmonter, a le plus souvent pour résultat de paralyser les énergies et de détruire les effets réellement utiles des volontés prêtes à s'employer.

Il suit de là que c'est un leurre absolu que d'espérer diriger de loin ces travaux; que leur réussite est indispensablement attachée à ce que ceux qui auront les profits pécuniaires et moraux du succès, soient ceux-là mêmes qui auront eu le courage et l'intelligence de le conquérir sur le théâtre même de la lutte.

Par conséquent, une entreprise générale de terrassements à sec ne devait pas, ainsi que cela est usuel dans les grands travaux, être dirigée par des représentants appointés des détenteurs de l'intérêt principal, mais bien par les contractants eux-mêmes. La faible connaissance des difficultés réelles d'exécution résultant du sol, du régime des pluies et de la qualité du personnel rend illusoire tout contrôle exercé de loin; et il est difficile, même aux hommes les plus expérimentés en matière de travaux publics européens, de suivre, à travers la correspondance, les erreurs de leur représentant et de les rectifier, comme cela paraît facile pour des travaux à faire au Portugal ou en Autriche.

Les terrassements de la deuxième catégorie, à exécuter par dragage, sont au contraire d'une nature absolument distincte des précédents. Une drague, une fois montée et en travail, ne peut consommer qu'une quantité limitée d'argent. Le nombre d'hommes qui forme son équipage est défini, et avec lui la dépense qu'il comporte. La machine ne peut absorber qu'un poids défini de charbon par jour.

De plus, dans un terrain déterminé, elle enlève obligatoirement un nombre également déterminé de mètres cubes dont la mesure grossière est obtenue par son avancement même.

Le nombre de ses accidents est limité: elle ne déraille pas comme une locomotive; les pluies ne modifient pas sa marche, puisque les hommes travaillent à couvert; les éboulements la laissent tranquille et indifférente dans son travail stable, mécanique et régulier.

Il suit de cela qu'une entreprise de dragage, une fois mise en marche, n'exige plus les hommes d'élite, nécessaires pour les grands terrassements à sec.

Le contrôle est facile même d'un antipode à l'autre en raison de la simplicité du travail: l'insuffisance ou la négligence d'un directeur est spontanément mise en relief par les résultats journaliers de dépense et d'excavation.

Dans ces conditions, pour diriger de semblables travaux, un subordonné

suffit, car il est sous l'œil d'un contrôle naturel et sa tâche n'exige pas le développement de qualités exceptionnelles.

Les travaux se divisent donc en deux groupes principaux au regard de la qualité de direction qu'ils exigent. Les travaux à sec doivent être dirigés sur place par des hommes de choix appelés à récolter eux-mêmes les fruits de leurs efforts et de leur vaillance; les travaux de dragage peuvent être administrés de loin et dirigés sur place par des délégués ou mandataires.

Au moment où la Compagnie du Canal a institué le nouveau régime des grandes entreprises, c'est-à-dire en 1885, avait-elle ou n'avait-elle pas la notion exacte des nécessités, selon moi capitales, auxquelles je viens de faire allusion? Il me serait difficile de le dire! Mais l'eût-elle possédée complètement, qu'il lui eût été impraticable de la faire passer dans l'application, étant données les doctrines admises dans la conduite des affaires d'une grande compagnie en France.

Ainsi que je l'ai déjà montré ailleurs, des hommes tels que je les décrivais comme indispensables à la direction d'une grande entreprise de terrassements, sont nécessairement des produits de la sélection de l'Isthme.

On ne peut les désigner *a priori* en Europe, étant donnée la déliquescence physique, morale et intellectuelle qui frappe tant d'hommes en apparence bien choisis pour résister à la néfaste influence du climat. Or, en 1885, les travaux n'étaient entamés sérieusement que depuis deux ans (1883) et la période était trop courte pour bien mettre en relief un personnel de sélection d'une valeur telle qu'on pût lui confier l'écrasante responsabilité d'une grande entreprise.

Mais la Direction de la Compagnie aurait-elle même eu ce personnel, il lui eût été impraticable de faire admettre par son Conseil d'administration que des contrats d'une telle importance fussent conclus avec des groupes d'hommes jeunes, sans passé et sans appuis financiers.

Il est donc tout naturel de penser que la Compagnie ait été amenée à traiter avec des entrepreneurs présentant une surface acquise et un nom connu dans l'industrie des travaux publics.

Comme la surface commerciale ne s'acquiert pas spontanément, la Compagnie devait nécessairement avoir comme contre-parties dans ses contrats des hommes ayant passé la première période de la virilité, des hommes, par conséquent, ayant perdu cette exubérance de vie que donne la jeunesse et qui seule peut permettre de réparer constamment les dépenses exagérées de fatigue qu'inflige le climat isthmique aux hommes d'action.

La fatalité des faits, si elle rendait justifiée la constitution des grandes entreprises, obligeait, étant données nos habitudes administratives, à les priver de ce qui était indispensable à plusieurs d'entre elles, à savoir la présence des contractants dans l'Isthme et la direction réelle et personnelle des travaux par les véritables intéressés.

Si ce que je viens d'exprimer est exact, si les entreprises, au moment où

elles ont été formées, renfermaient en elles-mêmes un germe de succès ou d'insuccès dépendant non de la volonté humaine mais bien des conditions qui ont présidé à leur formation autant que de la nature des travaux qu'elles avaient à réaliser, nous devons en constater les conséquences dans les faits postérieurs.

Ces entreprises, qui toutes, sauf la grande entreprise de Culebra, devaient fatalement être administrées de loin en raison de leur constitution, étaient vouées, si j'ai raison, à l'insuccès, quand elles avaient autre chose que des dragages à faire, et au succès plus ou moins complet dans le cas contraire.

Or, c'est précisément ce qui a eu lieu sans exception.

En effet, si nous parcourons le Canal de Colon à Panama, nous trouvons tout d'abord l'American Contracting and Dredging C^o, exclusivement chargée de dragages ; pour celle-ci, succès complet et absolu. Dans cette même section du Canal, travaille l'entreprise Jacob qui a quelques terrassements à sec et ceux des dragages de la Compagnie américaine, que cette dernière ne peut exécuter avec ses appareils. Pour l'entreprise Jacob comme pour la première, succès quand elle a à draguer et insuccès quand elle a du terrassement à sec.

Si nous suivons le Canal, nous trouvons, entre les points kilométriques 26 et 44, l'entreprise Vignaud, Barbaud et Blanleuil. Cette Société est concessionnaire d'un lot de terrassements qu'elle peut presque entièrement draguer, mais les parties supérieures du terrain peuvent s'exécuter à sec. Au lieu de comprendre la philosophie de ses travaux et pousser avec la dernière énergie le montage des dragues, elle s'attarde à exécuter les terrassements à sec et ses dragues ne sont prêtes au fonctionnement que vers l'époque de la chute de la Compagnie. Elle eût pu draguer, mais elle ne l'a pas fait ; résultat : naufrage complet et absolu. La Société Vignaud, Barbaud et Blanleuil tombe en faillite.

Après cette Société, du kilomètre 44 au kilomètre 53.600, vient le lot de la Société de Travaux publics et Constructions. Celle-ci n'a que des terrassements à sec. Son rôle est de développer, d'agrandir des chantiers déjà en marche sous le régime des petites entreprises. Elle a échoué, puisque la masse des excavations qu'elle obtient ne dépasse pas sensiblement les résultats antérieurs : insuccès encore par conséquent pour cette Société.

Je passe le lot de la Culebra, qui a fait l'objet d'un paragraphe spécial, pour arriver à la dernière grande entreprise, la Société Baratoux, Letellier et Lillaz. Celle-ci doit exécuter des dragages dans la basse vallée du Rio Grande et des excavations à sec dans la partie plus haute. Elle échoue sur les excavations à sec et réussit avec les dragages et obtient, en 1887, de limiter son travail à cette dernière partie, la Compagnie concédant l'autre à la Société de la Culebra.

On perçoit bien nettement par cette simple revision combien s'est manifesté dans les conséquences le vice originel dont j'ai parlé plus haut.

L'insuccès de toutes les grandes entreprises de terrassements à sec et le

succès de toutes les entreprises de dragages ne peuvent évidemment tenir à des circonstances spéciales et particulières. Ils résultent, à mon sens, de ce fait dominant que les entreprises de terrassements à sec exigeaient impérieusement une qualité de direction que ne pouvaient leur fournir des entrepreneurs comme en demandent les mœurs administratives de notre pays, c'est-à-dire des hommes ayant derrière eux une longue carrière, une expérience largement acquise dans les travaux, toutes choses qui ont du poids à Paris mais ne sont d'aucun service dans l'Isthme. Les entreprises de dragages, pouvant au contraire se contenter d'une direction partie de loin, comme je l'ai expliqué plus haut, ont réussi d'une façon satisfaisante.

La démonstration ne serait pas complète sans la contre-épreuve, c'est-à-dire s'il n'était pas possible de montrer de grandes entreprises de terrassements à sec ayant complètement réussi, grâce à une constitution initiale exempte du vice originel des autres, de grandes entreprises dont la direction dans l'Isthme était entre les mains, non pas de délégués des patrons, mais des patrons eux-mêmes, payant journallement de leurs personnes les bénéfices matériels et moraux qu'ils étaient en droit d'attendre de leur travail et de leur dévouement à l'œuvre.

Je suis amené à parler de l'entreprise générale de la Culebra et de l'entreprise des fouilles d'écluses.

Le lecteur est déjà au courant de ce qui a dominé la constitution des entreprises de la Culebra et des fouilles d'écluses au point de vue du choix de leurs chefs et il sait que le succès a couronné les idées appliquées.

On peut donc voir dans les résultats de ces deux entreprises de terrassements à sec, dirigées sur place par des individualités de sélection qui en avaient la charge morale et matérielle, la contre-épreuve de ce que nous disions plus haut relativement aux entreprises formées en France avec des personnalités industrielles notables, mais ne résidant pas dans l'Isthme en face des difficultés à surmonter et au milieu du personnel dont elles avaient mission de soutenir le courage et de diriger les efforts.

Tels sont, dans leur ensemble, l'historique et la philosophie des divers régimes des travaux.

Il comporte une leçon grave pour l'avenir : dans l'Isthme de Panama, plus que dans n'importe quelle partie du monde, c'est dans le choix des hommes qui dirigeront la marche des travaux que réside, en dehors des idées à appliquer, la réussite de leur application et le succès final.

LE PRÉSENT

LES SOLUTIONS PROPOSÉES

CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES DIFFÉRENTS PROJETS

Les projets actuellement en présence et sur lesquels s'est portée l'attention publique sont les suivants :

1° Le projet en cours d'exécution, lors de la suspension des travaux de la Compagnie du Canal Intérocéanique ;

2° Le projet élaboré par la Commission d'étude formée par M. Brunet, liquidateur de la Compagnie de Panama ;

3° Le projet présenté par M. Bonaparte Wyse ;

4° Le projet présenté par M. Sautereau.

En réalité, les trois derniers projets ont pour origine commune une très remarquable conception due à un ingénieur éminent, M. Godin de Lepinay, et formulée, par lui, au Congrès international de 1879. Elle consistait dans la création, en plein Isthme de Panama, d'une sorte de Nicaragua artificiel, c'est-à-dire dans la constitution, grâce à l'emmagasinement des eaux du Chagres, d'un lac central qu'il suffisait de relier aux deux mers par des échelles d'écluses pour fournir un passage aux navires.

Mais si les trois projets en question portent ensemble cette marque d'origine commune, ils diffèrent profondément par les solutions que chacun des auteurs a choisies, en vue d'adapter l'idée générale aux circonstances locales, et cela, suivant son sentiment personnel des difficultés techniques à résoudre, soit en vue de la construction, soit en vue de l'exploitation.

La discussion que nous entreprenons en ce moment, étant dépourvue de

toute idée dogmatique et n'ayant que le but essentiellement précis et pratique de bien mettre en relief, à la fois, toutes les difficultés techniques et toutes les solutions appropriées, nous n'envisagerons plus ces projets au point de vue de l'idée maîtresse dont ils dérivent, nous examinerons seulement s'ils remplissent bien le but proposé, s'il y a harmonie véritable et complète entre les nécessités à desservir et les solutions qui doivent y satisfaire.

Si l'on peut dire que les projets dont il vient d'être parlé proviennent de l'idée d'un Nicaragua artificiel, on peut également avancer que le projet du Canal à écluses provisoires, adopté par l'ancienne Compagnie, venait de l'idée du Bosphore américain pour la réalisation duquel le Canal à écluses devait être à la fois, d'abord une étape, puis un moyen d'exécution.

Lorsqu'en 1887, la Compagnie eût reconnu l'impossibilité d'ouvrir un passage à niveau entre Colon et Panama, dans les limites de temps et de dépenses acceptables pour une société tirant uniquement ses ressources du crédit, elle se décida à limiter son plan d'opérations, pour l'avenir immédiat, à la création d'un passage éclusé.

Mais ce passage éclusé n'était, dans la pensée de la Compagnie, qu'une solution provisoire incapable de compromettre ou d'entraver la réalisation ultérieure du plan définitif, c'est-à-dire du Canal à niveau.

Bien au contraire, la création de biefs navigables, dans toute la traversée du massif central, devait permettre, dans la suite, d'appliquer partout l'excavation par drague, à l'approfondissement et à l'élargissement des tranchées, et cela, au fur et à mesure de l'accroissement du trafic, à la demande pour ainsi dire de ce trafic lui-même.

Mais, en même temps qu'il pouvait être, dans l'avenir, l'outil permettant de rejoindre les deux océans, ce passage éclusé marquait une étape dans l'immense effort restant encore à dépenser pour arriver au résultat définitif du passage à niveau.

Il marquait une étape au double point de vue et financier et technique.

Au point de vue financier, le passage éclusé permettait d'atteindre la période des recettes, c'est-à-dire l'ère du crédit stable assuré et des emprunts à bas intérêts, dans un espace de temps infiniment moindre qu'en poursuivant directement le passage à niveau, et cela avec des dépenses incomparablement plus faibles.

Au point de vue technique, le passage éclusé, relevant le plan d'eau de navigation, tant dans le massif central que dans la vallée du Chagres, non seulement procurait une économie de terrassements considérable, mais encore éliminait d'effroyables inconnues que comportait l'exécution immédiate et directe du passage à niveau.

Enfermer une rivière, comme le Chagres, dans une dérivation artificielle, n'est certes, à aucun degré, une œuvre dépassant les forces industrielles de notre époque, mais creuser du premier coup cette dérivation suffisamment

large et profonde pour être certain que jamais le fleuve ne sortira de son lit ni ne débordera dans le Canal, est une bien grosse affaire. Si l'on réfléchit que le niveau des eaux de crues du Chagres pourrait atteindre à certains points une vingtaine de mètres au-dessus du plan d'eau du Canal à niveau, on ne peut songer, sans effroi, aux conséquences qu'une irruption intempestive du Chagres, due à l'insuffisance des formules d'hydraulique ou à un accident de terrain, eut pu créer pour cette œuvre si précieuse.

Il y avait là une inconnue que seule l'expérience pouvait dégager.

Le relèvement des eaux d'un canal à écluses permettait de le faire, car, en même temps qu'il éliminait totalement le danger, en réduisant à quelques mètres (environ 4 mètres) le maximum de la différence de niveau pouvant exister entre le Chagres en crue et le Canal sous sa forme provisoire, il donnait la possibilité, au cours de l'exploitation du Canal à écluses et pendant l'approfondissement du massif central, d'acquérir la connaissance très exacte et très précise de la façon dont le Chagres utilisait sa dérivation.

Suivant les données recueillies, on pouvait l'élargir et l'approfondir de façon à être absolument sûr de la stabilité et de la solidité du lit artificiel pour la date de l'ouverture du Canal à niveau.

Mais ce n'est point seulement pour la question du Chagres que le relèvement du plan d'eau apportait un précieux soulagement.

Il en était de même pour la tranchée de la Culebra.

La masse énorme de matériaux à enlever (plus de 20 millions de mètres cubes sur une longueur de 1800 mètres), la profondeur considérable, inusitée de la tranchée, font de ce problème le plus gros certainement qui jamais ait été abordé par l'ingénieur.

En réduisant la profondeur de l'excavation, non seulement on diminue le cube considérablement, mais, ce qui est non moins important, on réduit, dans la même proportion, la gravité des accidents que peut amener la nature forcément mal connue de terrains non encore découverts à l'œil.

On voit donc que, soit pour la question du Chagres, soit pour celle de la Culebra, la solution du passage provisoire faisait disparaître de redoutables inconnues et devait, à ce titre, être considérée comme la solution rationnelle de l'exécution progressive et expérimentale du Canal à niveau; à la condition toutefois, que les dispositions à adopter pour la solution provisoire fussent entièrement satisfaisantes au point de vue du rôle important qu'il devait jouer pour le transit interocéanique.

C'est dans cet ordre d'idées et sous l'empire des considérations précédentes que le projet de passage provisoire à écluses a été dressé par la Compagnie du Canal Interocéanique.

Nous allons en décrire les lignes générales.

PROJET DE LA COMPAGNIE

De Colon à Bohio-Soldado, c'est-à-dire sur 23 kilomètres, le Canal est à niveau et parcourt le fond de la vallée du Chagres.

Une première écluse de 8 mètres de hauteur donne accès au second bief, qui suit également jusqu'à San-Pablo (kilom. 37) l'ancien tracé surélevé.

Depuis l'origine jusqu'en ce point, la hauteur au-dessus de la mer, des terrains traversés, est en général égale ou légèrement supérieure à celle de l'eau dans les biefs, sauf naturellement aux points où le tracé coupe l'ancien lit du Chagres; points exceptionnels où des digues, comblant ces fossés naturels, devaient rétablir la continuité des terrains de part et d'autre du Canal.

Mais à l'amont de l'écluse de San-Pablo, qui élève une seconde fois de 8 mètres le plan d'eau et le porte à la cote 16, l'altitude des terrains traversés devient notablement inférieure au plan d'eau et, comme il ne saurait être admis que les eaux du Canal soient maintenues par des digues latérales, on a prévu un barrage coupant la vallée du Chagres et qui, fermant tout débouché, crée une sorte de petit lac artificiel jusque vers le kilomètre 41, ou, ce qui serait plus exact, gonfle le lit de l'ancien Chagres de manière à lui donner une largeur variant entre 150 et 300 mètres au plan d'eau.

Une nouvelle écluse placée à Matachin, un peu avant le kilomètre 44, surélève à nouveau le Canal de 11 mètres pendant qu'un barrage crée, à l'amont de cette écluse, un nouveau petit lac dont le plan d'eau est à la cote 27.

Peu après se termine la vallée du Chagres au kilomètre 45.

L'ascension du massif central se fait au kilomètre 46 puis au kilomètre 50, à l'aide de deux écluses de 11 mètres et permettant d'atteindre le bief supérieur dont le niveau des eaux doit être de 49 mètres au-dessus du niveau de la mer.

En face du kilomètre 45 et sur la gauche du Canal un barrage de dérivation et de retenue coupe le Chagres, redresse l'eau à un niveau variable entre 30 et 34 mètres et le verse dans la dérivation du Baruco, point d'origine du lit artificiel qui ira aboutir dans le *puerto Escondido* près de Colon, longeant constamment le Canal sur la rive gauche de cette voie navigable, mais toujours séparé de lui par des massifs naturels ou des digues.

De l'autre côté du bief supérieur, la descente sur le Pacifique se fait à l'aide de cinq écluses placées respectivement :

La première, sur le versant de la Culebra, à l'entrée de la vallée du Rio Grande près du kilomètre 56; la deuxième, au kilomètre 57; la troisième, au

kilomètre 58; la quatrième, près du kilomètre 59; et la cinquième, au kilomètre 62.

Dans son ensemble, la disposition du projet de la Compagnie comporte donc un bief central à la cote 49, descendant vers chaque mer à l'aide de cinq écluses ayant soit 8, soit 11 mètres de chute.

Les eaux du haut Chagres barrées, à une altitude variant entre 30^m et 34^m, à Gamboa, sont conduites par une dérivation artificielle tout le long de la rive gauche du Canal et se jettent par suite dans l'Atlantique du côté opposé à l'embouchure actuelle du fleuve.

L'alimentation du bief supérieur, lequel est à 19 mètres au-dessus du plan d'eau du lac formé par le Chagres en amont du barrage de Gamboa, est prévu devoir se faire à l'aide de machines qui, puisant l'eau dans le lac, la rejettent dans le bief.

Les emplacements des écluses étaient commandés, *a priori*, par l'obligation de surélever les eaux de navigation en suivant à peu près la pente moyenne de la vallée, de façon à réduire le cube des terrassements et de limiter, en même temps, à une faible hauteur, le surplomb éventuel des crues du Chagres au-dessus du plan d'eau du Canal.

Cette obligation s'est trouvée spontanément satisfaite par les dispositions naturelles du terrain. Dans la plupart des cas, on a pu trouver aux endroits convenables des massifs rocheux offrant un terrain compact, imperméable et résistant pour l'assiette de différents ouvrages d'art.

Cette circonstance avait permis de projeter des écluses où la masse des maçonneries se trouvait réduite au strict nécessaire, c'est-à-dire aux ouvrages des têtes lesquelles ont pour but de soutenir les portes et d'intercepter toute communication entre les biefs et le corps intérieur des écluses.

L'économie de temps et d'argent dérivant de ces dispositions naturelles, judicieusement utilisées, était considérable; car l'obligation de constituer des revêtements intérieurs, susceptibles de résister aux pressions des terres et des eaux, entraîne à des dépenses d'argent et de travail véritablement énormes pour des ouvrages d'une longueur aussi grande et comportant une chute aussi importante.

Nous ne saurions assez insister sur ce point spécial, ni hésiter à mettre en relief l'intérêt de premier ordre qui s'attache à asseoir les écluses dans des contreforts rocheux d'une tenue telle que l'on puisse considérer les parois de la fouille comme les murailles naturelles du sas, c'est-à-dire de l'espace compris entre les portes de l'écluse.

C'est dans ces conditions que le bassin de radoub de Christophe Colomb a été conçu et cet ouvrage, qui eut entraîné des dépenses de temps et d'argent très élevées, a pu s'exécuter dans des conditions très satisfaisantes en limitant, uniquement à la tête, la structure maçonnée.

Bien que le rocher dans lequel il a été creusé fût de qualité très inférieure

(sable agglutiné de Monkey-hill), il a donné pleine et entière satisfaction.

Donc, en général, les emplacements choisis par la Compagnie permettaient d'éviter de maçonner les cuvettes des sas, sauf cependant pour les deux écluses supérieures dont le terrain ne présentait point les qualités requises à ce point de vue.

Aussi ces deux écluses n'étaient-elles projetées qu'à titre éventuel, pour le cas où l'avancement des travaux de la Culebra eût démontré l'impossibilité de s'en passer.

Sur les huit écluses restant, une encore du côté de Colon, celle de Matachin, était fouillée dans des terrains de consistance variable et défectueuse et du côté de Panama les écluses des kilomètres 57 et 62 devaient exiger certaines maçonneries latérales au sas.

En résumé, cinq écluses, sur les huit qu'on était certain d'avoir à exécuter, se trouvaient dans d'excellents terrains et l'on pouvait facilement porter ce nombre à six en abandonnant l'emplacement de Matachin et en reportant cette écluse en amont du kilomètre 45 dans le cerro Obispo où le Canal traverse une butte consistante, formée d'un massif solide de rocher compact.

On pourrait donc dire que l'emplacement des écluses était choisi de manière à donner des ouvrages d'une construction simple et pratique.

Pour terminer cette rapide esquisse, disons un mot du système de portes adopté par la Compagnie.

Ce système, dont j'ai été amené à formuler le principe à la suite de ma longue expérience de l'Isthme, et dont la construction a été étudiée avec le plus grand soin par M. Eiffel, présente les six avantages suivants qui, à mon avis, dominant absolument l'établissement et le fonctionnement de portes d'écluses à grande dénivellation dans l'Isthme de Panama :

1° Elles ne comportent au-dessous de l'eau, c'est-à-dire dans leurs parties non exposées à la vue, aucun élément subissant avec les frottements l'usure qui en est la conséquence et exigeant par suite de l'entretien ou des réparations.

Tous les organes noyés ont uniquement à supporter des efforts statiques;

2° Elles ne comportent au-dessous de l'eau aucun contact avec les parties fixes de l'écluse, autrement que le long de parois verticales et cela, soit pendant le mouvement de la porte, soit lorsqu'elle est appliquée contre l'ouverture;

3° Elles sont d'un remplacement immédiat et facile, en cas d'accident, et les manœuvres qu'entraîne leur remplacement n'exigent aucun travail au-dessous du niveau des eaux;

4° Le calcul de leurs différents éléments est simple et sûr, de manière à permettre d'aborder des hauteurs de chute inusitées, avec une certitude absolue de résistance convenable;

5° La manœuvre en est rapide et aisée;

6° La fermeture qu'elles déterminent est hermétique.

La nécessité absolue de satisfaire à ces six conditions, frappera le lecteur le moins au courant des choses techniques, surtout s'il réfléchit à la difficulté qu'on a dans l'Isthme à se procurer et à maintenir des agents expérimentés, et à la somme d'efforts qui correspond, dans tous les pays du monde, à la surveillance et à l'entretien d'organes noyés.

En évitant la présence au-dessous de l'eau d'organes susceptibles de s'user, on évite toute difficulté de surveillance et tout danger entraîné par des réparations ou des remplacements. En supprimant, au-dessous de l'eau, tout contact entre les parties fixes et les parties mobiles, autrement que le long de plans verticaux, on évite le danger qui résulte de la présence inopinée d'une souche ou d'une pierre intercalée entre les deux parois.

Quant aux trois dernières conditions, leur évidence immédiate rend inutile toute justification.

Je vais chercher à établir que le type de porte, adopté par la Compagnie, possède seul, simultanément, les qualités spéciales dont j'ai donné l'énumération.

Les types de portes d'écluses, actuellement en usage, se limitent à trois.

1° La porte busquée ordinaire à deux vantaux ;

2° La porte à un seul vantail tournant autour d'un pivot placé sur l'un des deux côtés ;

3° La porte à un seul vantail roulant sur des galets placés sur le fond de l'écluse.

Les portes busquées, dont le calcul repose sur des formules peu simples et par suite peu sûres, ne répondaient à aucune des conditions posées.

La porte à un seul vantail, roulant sur galets, permettait bien des calculs simples et précis, une manœuvre rapide, mais laissait subsister le danger des accidents ou des obstacles survenant inopinément au-dessous de l'eau.

Quant à la porte à un seul vantail et pivotante, elle possède sous l'eau des organes susceptibles de s'user et même de se briser en cas de pose imparfaite (pivots et crapaudines).

Lorsque la porte s'applique sur son cadre et l'obture, elle doit subir la conséquence de sa liaison aux pivots et aux colliers qui déterminent son axe de rotation. La plus légère déféctuosité, dans la fixation de cet axe, détermine des contacts discontinus entre la porte et son siège et, par suite, des pertes d'eau très grandes.

En troisième lieu, la manœuvre de cette porte est lente et lourde ; elle entraîne un déplacement d'eau très important et dans des conditions particulièrement pénibles.

Lorsque la porte commence à s'ouvrir, elle refoule l'eau sur toute la surface et produit ainsi une légère surélévation à l'amont, qui se traduit par une résistance considérable au mouvement.

Dans leur mouvement total de rotation (nous considérons des portes de 11 mètres de chute et fermant une ouverture de 20 mètres de largeur), elles entraînent un déplacement d'eau de trois à quatre fois supérieur à celui que nécessite la porte roulante et dans des conditions telles, que l'on peut considérer le temps de manœuvre qu'elles nécessitent, comme cinq à six fois supérieur à celui de la porte roulante.

Si à ces inconvénients s'ajoute la contre-pression qui peut être due à un vent violent, la manœuvre peut en être presque complètement paralysée à certains moments.

Aucune de ces portes ne donnait satisfaction aux différents desiderata, mais la porte roulante, à un seul vantail, était, aux organes noyés près, le type se rapprochant le plus du type cherché.

J'imaginai de corriger cette défectuosité unique, en imitant pour ces portes le dispositif adopté pour les portes roulantes des grandes halles de chemins de fer et qui consiste à faire reposer la porte, non sur des rails placés à sa partie inférieure, mais sur des rails supérieurs.

Il suffisait, pour réaliser l'idée, de jeter sur l'écluse un pont tournant sur les rails duquel venaient rouler les galets portant la porte elle-même, dès qu'elle sortait de son logement latéral.

Ce dispositif simple et facile à saisir permettait d'assimiler la porte à une sorte d'obturateur suspendu par sa partie supérieure et venant se placer devant l'ouverture qu'il est appelé à fermer, et qui, jouant son rôle avec une complète indépendance, réalise une obturation absolument complète.

On se rend facilement compte de la vérité de ce fait, en voyant avec quelle perfection les portes flottantes obturent les orifices des bassins de radoub.

Une perfection analogue dans la fermeture, perfection que ne réalise aucun système actuellement appliqué aux portes d'écluses, est la conséquence naturelle des dispositions que je viens d'exposer. J'ai été amené à rechercher et à déterminer ces dispositions par les considérations d'ordre logique que je viens de suivre pour les décrire.

Tels étaient les dispositifs généraux du Canal provisoire à écluses, étudié et adopté par la Compagnie à la fin de 1887, pour la réalisation duquel on s'est mis dès le début de 1888 activement au travail et dont la première période d'exécution, brillamment franchie, a été si malheureusement interrompue par la catastrophe financière que l'on sait.

PROJET DE LA COMMISSION D'ÉTUDES

AVANT-PROPOS ET DÉFINITION DU PROJET

Après avoir exposé la donnée générale du plan mis à exécution par l'ancienne Compagnie, nous nous proposons de suivre minutieusement les critiques qui lui ont été opposées par la Commission d'études et sur lesquelles elle a basé son programme général des travaux, et d'étudier simultanément ce programme qui, étant le résultat de ces critiques, fait en quelque sorte corps avec elles.

Qu'il me soit tout d'abord permis de manifester ici toute la déférence que mérite le travail produit par la Commission, lequel porte partout la marque de la constante et consciencieuse recherche de la vérité.

La haute honorabilité des ingénieurs qui la composaient, le nom respecté de l'homme éminent qui la présidait et dont j'ai eu la bonne fortune de recevoir les savants enseignements à l'école des Ponts et Chaussées, constituent pour toute personne associée au monde technique de France une garantie absolue de sincérité, d'impartialité et de bonne foi.

Et pourtant, en reprenant les observations et les raisonnements de la Commission, je me vois obligé à contredire ses conclusions.

Faut-il y voir une nouvelle preuve de cet adage que les ingénieurs, comme les médecins, ont chacun leurs remèdes et les préconisent avant tout? Je ne le crois pas : la cause de cette divergence de vues est profondément différente.

L'art de l'ingénieur est fait tout entier d'observation et de raisonnement et la plus légère erreur, dans l'observation des faits et l'appréciation des circonstances, donne aux raisonnements des principes erronés et conduit à des conclusions mauvaises. Or, rien n'est difficile comme d'entrer rapidement et parfaitement dans la connaissance intime de toutes les dominantes d'un problème technique dans une contrée nouvelle.

Chaque pays, suivant ses traditions, ses nécessités économiques, la nature de la main-d'œuvre dont on y dispose, son climat, comporte des solutions spéciales adaptées à cet ensemble.

Si l'Amérique du Nord avait été obligée à faire des chemins de fer et construire des locomotives d'après les méthodes de notre continent, elle n'aurait pas aujourd'hui autant de voies ferrées que la France et pourtant elle en construit chaque année une quantité égale à la moitié de notre réseau actuel!

Pour bien connaître les solutions adaptées au problème éminemment compliqué et difficile de Panama, il faut de toute nécessité y avoir vécu longtemps, s'être formé en quelque sorte, par la pratique constante, journalière, des difficultés sans cesse renaissantes, une philosophie spéciale de ce qu'il est possible de réaliser dans ce pays.

Non seulement quelques voyages rapides sont impuissants même pour des hommes supérieurement organisés, à constituer leur éducation, mais un séjour prolongé dans l'Isthme laisse parfois des idées erronées dans l'esprit de ceux qui n'ont pas constamment vécu dans l'agitation des travaux, qui ne se sont pas rendu compte, par une expérience directe et prolongée, des difficultés à vaincre et des moyens appropriés pour cela; de ceux enfin, qui n'ont pas jugé ces travaux héroïques au milieu des ouvriers, les bottes dans la boue et le soleil tropical sur la tête, payant chaque jour du risque de leur vie l'expérience et le jugement acquis.

La formule à laquelle s'est arrêtée la Commission est la suivante :

Création d'un lac central, retenu du côté de l'Atlantique à San-Pablo, kilomètre 37, et du côté du Pacifique à Paraiso, au kilomètre 57, par des barrages arasés à 40 mètres au-dessus du niveau de la mer. Les eaux de ce lac, dans lequel le Chagres est reçu librement, oscillent entre la cote 34,50 et la cote 37,50.

Du côté de l'Atlantique un deuxième barrage placé à Bohio-Soldado, vers le kilomètre 24, crée, entre ce point et San-Pablo, un deuxième lac dont le niveau varie entre 16 mètres et 17^m,50 au-dessus du niveau de la mer.

Deux écluses, de 11 mètres de chute chacune, font communiquer le lac supérieur avec le lac inférieur.

Ces écluses sont disposées en échelles de Neptune, c'est-à-dire bout à bout, et cette échelle elle-même est double : l'une servira à la montée des navires, l'autre à la descente.

Les eaux du Chagres sont reçues dans ces lacs, mais à l'aval de Bohio, de ce point jusqu'à la mer, les eaux circuleront librement soit dans le Canal, soit dans les dérivations, presque complètement déjà ouvertes et qui seront complétées. Selon l'expression de la Commission, « les eaux se répartiront « d'elles-mêmes entre les différents émissaires, comme elles le font entre les « divers bras d'un fleuve, qui aboutit à la mer ».

Du côté du Pacifique, une disposition analogue se répète. Après l'échelle de deux écluses placées à Paraiso, les navires ont à franchir deux écluses, mais cette fois séparées, l'une à Pedro Miguel, au kilomètre 59, l'autre à Miraflores, au kilomètre 62.

Toutes ces écluses sont répétées deux fois : l'une est affectée à la descente, l'autre à la montée.

Les portes adoptées pour la fermeture des écluses sont à un vantail, mais tournant sur un pivot latéral.

Après cet exposé succinct du dispositif choisi, étudions les motifs justificatifs, mis en avant par la Commission, pour rejeter le projet de la Compagnie et lui substituer cette nouvelle formule, laquelle, on le reconnaît aisément, est inspirée de l'idée du Nicaragua artificiel présentée par M. Godin de Lépinay au congrès de 1879.

CRITIQUES FORMULÉES PAR LA COMMISSION AU PROJET DE LA COMPAGNIE

PASSAGE ET ALIMENTATION DU BIEF CENTRAL

En abaissant, jusqu'à 34 mètres au-dessus de la mer, le niveau des eaux à travers le massif central, niveau qui, dans le projet de la Compagnie, devait être tenu à 49 mètres, c'est-à-dire 15 mètres en contre-haut ; en adoptant un tracé qui aggrave, dans une mesure aussi importante, la question, déjà si grosse et si hérissée de menaçantes interrogations, que comporte cette excavation colossale à travers des terrains dont on ne connaîtra vraiment la tenue et les talus convenables que le jour où on sera arrivé au fond, la Commission s'est évidemment rendu un compte exact de la gravité des responsabilités qu'elle assumait.

Il est certain qu'elle peut éventuellement se retrancher derrière les réserves formulées et les aléas dont elle a signalé l'existence pour le cas où les prévisions géométriques ne se réaliseraient pas, pour le cas où des adoucissements rendraient indispensables des travaux plus considérables que ceux qu'elle a fixés.

Mais où serait la compensation pour une Compagnie qui, ayant eu la hardiesse cette fois impardonnable de vouloir, comme la première, faire trop bien du premier coup et franchir trop bas le massif central, se trouverait acculée à des délais trop courts ou noyée dans des dépenses trop grandes ?

Il n'est pas à méconnaître que, plus on passera bas dans le massif central, plus simple et plus rapide sera l'exploitation ; plus le Canal se rapprochera du Canal à niveau, mieux il vaudra.

Mais aujourd'hui la question n'est pas là, il ne s'agit pas de faire un Canal parfait, on a échoué dans cette voie, il s'agit de faire un Canal certain qui puisse être ouvert dans les limites de temps que définit la concession et puisse satisfaire aisément à un trafic moyen annuel de 6 à 7 millions de tonnes.

Faire le Canal d'abord, voilà le nécessaire, l'indispensable ; toute autre recherche est superflue, les perfectionnements pourront toujours être apportés à l'œuvre plus tard après l'ouverture du transit.

Toute personne ayant l'expérience des travaux de l'Isthme reconnaîtra volontiers que les profils adoptés par la Commission ne se heurtent pas à une impossibilité certaine, que les travaux de la Culebra paraissent devoir se limiter à l'excavation prévue de 8.350.000 mètres cubes et s'exécuter en 8 années.

Mais formuler, pour la nouvelle entreprise, alors qu'on est strictement limité et par le temps et par l'argent, un plan dont l'existence est liée invariablement à la réalisation de ces probabilités non encore dégagées de toutes les inconnues, et qui conduira nécessairement à un nouvel échec, si la nature des terrains rencontrés exigeait par exemple 12.000.000 de mètres cubes à la Culebra au lieu de 8.350.000 prévus, c'est en réalité jouer une partie bien dangereuse, fût-on moralement couvert par de sages réserves sur les aléas dont on ne peut définir l'importance actuellement.

La formule définitive de l'entreprise nouvelle doit être au contraire dominée par la constante préoccupation de ces aléas. C'est en vue des inconnues, non encore totalement dégagées du problème, que l'on doit être équipé et préparé, et la solution ne sera bonne que si le Canal est exécutable et exploitable, même si, au courant de l'exécution, toutes les mauvaises chances tournent contre elle.

Il faut donc une marge considérable entre la quantité de travaux prévus et ce qui peut être exécuté dans le délai d'exécution imparti par la concession.

Avec le profil adopté par la Compagnie, le fond du bief supérieur était, dans le passage de la Culebra, prévu 15 mètres plus haut que celui arrêté par la Commission. Il exigeait encore 5.000.000 de mètres cubes alors que le projet de la Commission en demande 8.300.000.

Comme la Commission a admis un déblai moyen de 1.200.000 mètres cubes par an, en faisant même quelques réserves sur la possibilité de maintenir cette marche jusqu'au bout, presque tout le temps restant à courir jusqu'à la fin de la concession se trouve absorbé, si l'on admet un passage aussi bas.

Si l'on prend comme point de départ que l'on peut, en huit années, enlever 8.000.000 de mètres cubes à la Culebra et si l'on adopte un tracé ne comportant que 5.000.000 de mètres cubes à excaver, on a donc une réserve de puissance extractive, pour parer aux travaux imprévus, de plus de 3.000.000 de mètres cubes. Si l'on réfléchit que les incidents à redouter s'exagèrent considérablement avec de faibles augmentations de profondeur, se réserver une marge de 3.000.000 de mètres cubes pour une tranchée qui comporte théoriquement 5.000.000 de mètres cubes, c'est comme si l'on se réservait une marge de 5.000.000 de mètres cubes pour celle qui exige une excavation théorique de 8.000.000.

Hâtons-nous d'ajouter que cette circonspection si légitime et si justifiée, qui conduit à s'arrêter à un projet comportant un passage élevé, ne signifie nullement que le Canal doive être ouvert avec un bief de cette altitude.

Si l'approfondissement de la Culebra révèle des terrains qui n'exigent pas

d'adoucissements de talus, si l'activité et l'impulsion données aux travaux permettent de dépasser les moyennes de production que la Commission a admises, rien ne s'opposera à ce que l'on descende plus bas et que l'on supprime les écluses supérieures qui sont la conséquence nécessaire de la surélévation du niveau du bief central.

Certainement, toutes les considérations qui précèdent, et dont l'importance est absolument vitale pour l'œuvre à entreprendre, ne peuvent avoir échappé aux consciencieuses recherches de la Commission. Quelle est donc la raison qui lui a fait adopter, malgré sa prudence et sa circonspection, un tracé aussi terriblement dangereux et où la fortune de l'œuvre tout entière, les millions déjà engagés et les millions à engager, peuvent être anéantis par la réalisation d'un danger qui aura été signalé, mais en vue duquel aucune précaution n'aura été prise ?

Cette raison, c'est l'alimentation du bief supérieur.

Un bief supérieur dont le plafond serait à la cote 40 et l'eau à la cote 49, ou un bief moins élevé, tel que celui qui résulterait de la suppression des deux écluses supérieures du projet de la Compagnie, et où le niveau de l'eau serait par suite à la cote 38, ne peut être alimenté que de trois façons : ou par un barrage en travers du Chagres et gonflant ses eaux jusqu'au niveau voulu, ou par une dérivation partie de la haute vallée, à un point convenable pour amener ses eaux dans le bief central, ou enfin par des machines puisant l'eau du Chagres et la rejetant dans le bief.

Un barrage, même pour l'élévation la moins forte, serait une entreprise longue, aléatoire et périlleuse ; une dérivation coûterait extrêmement cher et serait toujours exposée à un accident qui, rendant aux eaux leur cours naturel, priverait le bief de ses ressources indispensables.

Dans ces conditions la Compagnie avait adopté, parmi ces solutions, celle qui est vraiment la solution industrielle de la question, qui dégage la construction, déjà si péniblement surchargée par ailleurs, de toutes préoccupations à cet endroit et qui remplace des travaux difficiles par l'installation d'un matériel venu tout fait de France.

Sans doute cette solution charge l'exploitation de frais qu'elle n'aurait point avec des ouvrages fixes, mais, par contre, elle décharge le service financier des frais d'établissement de ces ouvrages fixes, de l'intérêt et de l'amortissement des capitaux qu'ils exigent ; enfin, et surtout, ce qui est le point capital de la question, elle ne fait pas peser, sur la période de construction, des difficultés ajoutées à celles déjà trop graves qui l'encombrent.

Cependant la Commission l'a rejetée, ainsi que les deux premiers procédés d'alimentation ! Nous citons textuellement la phrase du rapport qui touche à cette question capitale :

« Quant aux machines élévatoires, la Commission ne conteste pas les avantages qu'elles offrent en France dans quelques cas particuliers où leur emploi

« était commandé par des circonstances locales, mais elles laissent toujours subsister un aléa dangereux pour la sécurité et la permanence des transports, elles sont dépourvues de toute élasticité dans le cas où un motif quelconque entraîne une plus forte consommation d'eau; enfin, elles exigent un personnel spécial dont le recrutement est aussi difficile que la surveillance.

« Si ces inconvénients se font sentir en France, à plus forte raison, doit-on les redouter dans l'Isthme, où les machines auraient à élever un volume d'eau plus considérable, sans qu'on eut aucun moyen de remédier à l'insuffisance éventuelle de cet outillage.

« On pourrait, à la rigueur, y avoir recours, s'il ne s'agissait que de fournir au Canal un appoint limité, mais la Commission a été unanime à exclure le procédé, comme mode unique d'alimentation du bief de partage.

« **C'est ainsi qu'elle a été conduite à fixer la tenue normale de ce bief (le bief supérieur) à la cote 34^m50.** »

J'ai tenu à reproduire scrupuleusement ce texte, car l'opinion qui y est exprimée domine, on le voit, la fixation du plan d'eau du bief supérieur et il était nécessaire que le lecteur sût bien que, dans la discussion qui va suivre, j'ai envisagé toutes les objections faites à ce procédé d'alimentation, sans en négliger aucune.

La Commission a évalué à 24^m,500 par seconde, la consommation d'eau du bief supérieur pour un transit de 7.250.000 tonnes annuelles.

Nous aurons à revenir sur ce chiffre, à propos duquel nous faisons, dès maintenant, les plus formelles réserves; mais bien que nous le considérions comme très exagéré, et que les besoins du bief central soient, ainsi que nous l'établirons plus tard, environ deux fois moindres, admettons-le comme exact. Notre démonstration sera vraie, à *fortiori*, si la consommation est plus faible.

Dans son projet, la Compagnie puisait les eaux du bief central à la cote 30, pour les refouler à la cote 49, soit une élévation de 19 mètres.

Le refoulement de 24^m,500 à 19 mètres de hauteur, correspond à une force effective théorique de 6.207 chevaux. Il faut donc une machinerie développant une force de 9.000 chevaux, soit une batterie de 20 machines de 450 chevaux, pouvant être évalués, avec ses rechanges, à un coût total d'environ 15 millions de francs.

Sans vouloir entrer maintenant dans le détail des frais entraînés par la marche courante de ces machines, disons que le simple énoncé de la force effective, à laquelle correspond l'alimentation mécanique du bief supérieur, est très rassurant.

En effet, cette force est celle déployée usuellement dans la marche de paquebots de vitesse, et nous ne parlons pas des plus grands.

Si le succès d'une entreprise gigantesque, comme le Canal de Panama, exige la machinerie d'un paquebot, on comprendra aisément qu'il n'y a pas

disproportion entre la grandeur du but à atteindre et l'importance du moyen à employer.

On peut même dire que, si vraiment il y a intérêt à employer une machinerie de 10.000 chevaux pour assurer le succès, cet élément est absolument secondaire, par rapport à la masse des efforts dépensés par ailleurs.

Aussi, n'est-ce ni dans les frais d'établissement, ni dans les frais d'entretien qu'il faut chercher les raisons du refus de la Commission. Ces raisons sont beaucoup plutôt d'ordre moral et théorique, et tiennent à des habitudes prises.

En général, les ingénieurs appelés à construire des canaux, dans l'exploitation desquels n'intervient à aucun degré, ni l'amortissement, ni l'intérêt des capitaux de construction, qui disposent des fonds indéfinis de l'Etat, préfèrent bien naturellement constituer les voies navigables artificielles avec des ouvrages fixes, permanents, indestructibles et n'exigeant qu'une surveillance et un entretien purement administratifs.

Le personnel dont ils disposent est peu familiarisé avec l'emploi des machines, car, l'industrie seule sait attirer les ouvriers supérieurs, en les rémunérant convenablement.

Dans ces conditions, il n'y a point à s'étonner que l'alimentation par machines des biefs de canaux ait trouvé peu d'applications en France.

Elle a été la première fois employée, lors de la construction du canal de l'Est, par un ingénieur d'une haute supériorité intellectuelle, technique et administrative, M. Picard, actuellement conseiller d'État. Nous n'avons jamais entendu dire que cette intelligente initiative ait eu de funestes résultats pour la magnifique voie navigable qu'il a créée.

Aussi n'est-ce pas sans une certaine surprise que l'on voit la Commission avancer : que la marche des engins d'élévation d'eau exige « *un personnel spécial dont le recrutement est aussi difficile que la surveillance* ».

Mais quels sont donc les éléments de ce personnel spécial dont il semble qu'il n'existe que de rares représentants dans notre pays ? Ce sont tout vulgairement de simples conducteurs de machines : des mécaniciens et des chauffeurs.

En réalité, la plus modeste industrie, une filature, une chocolaterie, sans parler des puissantes Compagnies de chemins de fer, possède en nombre toujours suffisant des hommes capables d'entretenir en mouvement une machine à vapeur avec les pompes qu'elle actionne. Je ne puis donc m'expliquer la difficulté qu'on nous signale en France, quand il s'agit d'alimenter un canal, de recruter ce personnel, autrement que par suite du désir évidemment irréalisable de vouloir le rémunérer comme un personnel de cantonniers.

Quant à la difficulté de surveiller ce personnel, il m'est encore moins aisé de saisir cette objection que la précédente : il faudrait en réalité nous supposer dans un état de décadence technique bien caractérisé pour que la surveillance

du personnel de mécaniciens, employés dans une usine d'élevation d'eau, fût une difficulté même légère à notre époque et dans notre pays.

Mais, ajoute la Commission: « cette difficulté de recrutement et de surveillance, dont les inconvénients se font sentir en France, doit, à plus forte raison, être redoutés dans l'Isthme, où les machines auraient à élever un volume d'eau beaucoup plus considérable. »

La Commission peut être pleinement rassurée sur la possibilité de recruter et de surveiller des mécaniciens dans l'Isthme; ceux de ses membres qui s'y sont rendus, auraient pu lui parler de l'exploitation du Panama Railroad, et on nous accordera bien qu'une locomotive est plus difficile à conduire et à entretenir qu'une machine à vapeur fixe mettant en mouvement des pompes.

Si la Commission s'était trouvée à la Culebra en 1888 elle eût pu, sur une étendue de 2 kilomètres de chantiers, voir fonctionner soixante locomotives, trente excavateurs, deux dragues, deux élévateurs, ce qui, en comptant les moteurs des machines électriques, les pompes d'alimentation des chantiers, des chaudières, portait à plus d'une centaine le nombre de machines à vapeur, conduites et entretenues presque toutes par des mécaniciens et des chauffeurs nègres. Si la Commission avait vu cela et étudié l'exploitation du Panama Railroad, elle n'eût certes pas avancé qu'une vingtaine de pompes à vapeur, élevant l'eau du Chagres dans le bief supérieur, ne pourraient fonctionner faute de personnel.

En réalité, et pour terminer avec cette première partie des objections faites à l'alimentation mécanique, il semble que l'on soit en présence d'un document ancien condamnant l'emploi de la vapeur à une application nouvelle, à la propulsion des navires transatlantiques, par exemple.

Il est certainement incontestable que les difficultés relatives au recrutement et à la surveillance du personnel des mécaniciens de navires, sont autrement graves et autrement fondées que celle que la Commission prévoit comme de nature à faire rejeter l'alimentation mécanique du Canal de Panama.

Et si réellement il arrive un jour où les pompes du Chagres ne puissent plus fonctionner, faute de personnel, ce jour-là, la navigation à vapeur aura depuis longtemps cessé à la surface du monde.

Parlons enfin de l'aléa dangereux que présente le système mécanique d'alimentation, selon la Commission, pour la sécurité et la permanence des transports.

« Il est dépourvu de toute élasticité dans le cas où un motif quelconque entraîne une plus forte consommation d'eau et les inconvénients du système sont beaucoup plus à redouter dans l'Isthme, où les machines auraient à élever un volume d'eau beaucoup plus considérable qu'en France, sans qu'on eût aucun moyen de remédier à l'insuffisance éventuelle de l'outillage. »

Cette objection ne paraît pas beaucoup plus vitale que celles tirées de la difficulté de recruter et de surveiller le personnel.

C'est précisément de la quantité d'eau à élever, que sont appelées à découler naturellement à la fois et l'élasticité et la sécurité de l'alimentation.

Il est clair qu'une alimentation exigeant une force de vapeur de 400 chevaux pourra être satisfaite avec une seule machine et que, cette machine venant à manquer, toute l'alimentation disparaît avec elle.

Si les constructeurs du Canal étaient assez peu conscients des nécessités pratiques pour commander une machine de 9,000 chevaux telle qu'une machine de paquebot, et lui faire commander quelque arbre de couche invraisemblable actionnant toutes les pompes, je le reconnais pleinement, une avarie à ce moteur unique paralyserait toute alimentation et celle-ci manquerait d'élasticité.

Mais une solution aussi contraire au bon sens le plus élémentaire, ne peut être, même un instant, envisagée.

Les 9,000 chevaux seront subdivisés en dix groupes de 900 chevaux ou mieux en 20 groupes de 450. Chaque groupe aura son indépendance absolue de façon que, quel que soit l'accident de machine, de chaudière ou de pompe advenant, il se localise à ce point et ne se répercute pas sur les groupes voisins.

En outre, et étant donnée l'importance capitale qui s'attache à la marche continue de l'écoulement, à chaque groupe sera adjoint un groupe de rechange pour servir à le remplacer dès que celui-ci exigera une réparation momentanée. Cette force de réserve pourra elle-même entrer immédiatement en fonction si l'éventualité d'une demande supplémentaire et momentanée d'alimentation se faisait sentir.

Ainsi donc la masse même de l'eau à élever, bien loin d'être un obstacle à la continuité de l'écoulement, en est en quelque sorte le régulateur, car elle amène à subdiviser les machines en une série nombreuse de groupes indépendants, en nombre tel que la défaillance de l'un d'eux, pendant que l'on chauffe la chaudière de son remplaçant, est relativement à la masse d'eau débitée une quantité absolument négligeable.

La subdivision a donc cet avantage de parer aux accidents qui peuvent survenir; en outre, elle permet de proportionner rigoureusement, et l'on pourrait dire chaque jour, selon les conditions météorologiques et celles du transit, la force développée à l'usine avec la quantité d'eau qu'exige le passage des navires et le débit des rivières qui se jettent dans le bief central.

Que reste-t-il donc en réalité de tous les points sur lesquels la Commission a assis sa rigoureuse et immédiate condamnation du système mécanique d'élévation des eaux?

Si l'on considère que c'est l'unique moyen réellement pratique, simple et économique qui permette de surélever le passage à travers le massif central, on trouvera avec moi que la Commission s'est peut être laissée un peu rapidement allée à rejeter une solution qui, seule, possède l'inappréciable avantage de faire aborder la question de la reprise des travaux de Panama avec la certitude

absolue d'arriver au point voulu, en temps voulu, et cela avec une marge de sécurité qui permet de parer à toutes les éventualités.

Avec ce système, l'ouverture du Canal est possible dans un temps limité, celui de la concession, pour une somme définie et certaine. Sans lui, on hésite entre l'approfondissement exagéré de la tranchée du faite ou la surélévation non moins dangereuse des eaux à l'aide de barrages.

C'est entre ce Charybde et ce Scylla qu'oscillent uniquement les solutions dès qu'on abandonne la voie simple, logique et sûre de l'alimentation artificielle.

Les gens qui n'ont pas peur des tranchées, mais qui craignent les barrages, recommandent de s'enfoncer profondément à travers la Culebra, ce qui diminue la hauteur des barrages de retenue permettant d'alimenter le bief central.

Ceux au contraire auxquels les travaux hydrauliques montent l'imagination et qui croient barrer facilement le Chagres, n'hésitent pas à relever considérablement les eaux pour éviter de descendre trop bas le passage du massif.

La Commission a choisi la solution intermédiaire et, en fixant à 34^m,50 la tenue minimum des eaux en même temps dans le massif central et en dehors jusqu'au barrage de retenue, elle a, à la fois, conçu d'un côté un barrage exagéré et de l'autre une tranchée trop forte, laquelle ne serait réalisée, d'après ses prévisions mêmes, que grâce à un concours exceptionnel de circonstances favorables, et à l'élimination spontanée des éventualités mauvaises dont elle a signalé la possibilité sans aviser aux mesures à prendre pour y parer.

CANAL DANS LA VALLÉE U CHAGRES

Après avoir, dans les conditions que l'on vient de lire, conclu que l'alimentation d'un bief central ne pouvait être réalisée que par une surélévation convenable du niveau de la rivière elle-même et exclu toute intervention de procédés mécaniques, la Commission n'avait plus qu'à choisir, dans la vallée du Chagres, le point convenable pour établir le barrage de retenue.

En plaçant ce barrage en amont du point où le Chagres coule dans le Canal, on a l'avantage de l'asseoir sur des terrains plus relevés et par suite de réduire sa hauteur.

En plaçant ce barrage plus à l'aval, les fonds de la rivière s'abaissent de plus en plus et la crête de l'ouvrage devant rester toujours à la même altitude, son relief au-dessus du thalweg de la vallée s'exagère de plus en plus.

En outre, si l'ouvrage de retenue est placé plus bas dans la vallée, la zone d'inondation à l'amont s'accroît, entraînant des expropriations et des déviations de chemins de fer de plus en plus dispendieuses.

Mais, par contre, plus on descend bas dans la vallée, plus la question du Chagres proprement dite se réduit, car ses eaux de crue, jetées dans un lac à vaste section, cessent d'être un danger et de constituer un trouble pour la navigation.

Le choix de l'emplacement comporte, on le voit, des données contradictoires, mais, à côté de ces conditions générales, une autre condition déterminante doit être observée, celle qui impose de choisir dans la vallée une partie rétrécie afin de ne pas donner de longueur exagérée à l'ouvrage.

Or, il n'existe guère, dans la partie de la vallée du Chagres, parcourue par et Canal, que deux points où le rétrécissement soit très notable : à Bohio Soldado, vers le kilomètre 24, et à San Pablo, vers le kilomètre 37.

La Commission a reculé devant l'emplacement de Bohio en raison de l'étendue que serait appelée à prendre la zone recouverte par les eaux, et cela dans des régions non explorées où des ouvrages subsidiaires de retenue pouvaient être rendus indispensables sans qu'on pût déterminer ni leur situation, ni leur importance, ni les conditions de leur exécution.

En outre, elle a pensé que la déviation du Panama Railroad, qu'il serait nécessaire d'effectuer depuis Bohio, deviendrait en cette hypothèse absolument problématique.

Elle a donc choisi l'emplacement de San Pablo comme le seul des deux points ne révélant pas une quasi-impossibilité pour l'altitude de retenue fixée ; mais elle n'a pas caché que le choix lui laissait encore quelques incertitudes et elle l'exprime ainsi :

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

Une semblable réserve est bien grosse et si elle couvre la responsabilité des rédacteurs du rapport et met à nouveau en relief la parfaite loyauté de leurs dires, elle ébranle singulièrement le caractère de certitude qu'on est en droit d'attendre d'une solution définitive, dont les détails peuvent être modifiés en exécution, mais dont les traits principaux, les déterminantes, doivent être fixés définitivement et sur des bases inébranlables dès le jour où on la propose.

Or, la situation du barrage retenant le lac central dans la vallée du Chagres est une déterminante du projet en général et en commande toutes les dispositions.

C'est un ouvrage grandiose qui serait déjà pénible à exécuter dans nos pays et dont les difficultés de construction seront quintuplées dans les conditions des travaux de l'Isthme. Ces difficultés, inhérentes à sa grandeur et à

sa nature, peuvent devenir d'absolues impossibilités si la constitution du sol de fondation et celle des appuis latéraux est défavorable.

Or, cet élément si important n'est pas assuré par des sondages permettant de se prononcer *en connaissance certaine de cause* !

Il convient ici de bien fixer toute l'importance d'un pareil ouvrage, non pas au regard de l'équilibre général du projet de la Commission, cela va sans dire, mais à celui de sa masse propre et des difficultés correspondantes de construction qu'il entraîne.

Cet ouvrage doit retenir les eaux à une altitude de 37^m,50 au-dessus de la mer. Le fond de la rivière, au-dessous duquel on ira chercher un sol de fondation non encore défini, est à 6 ou 7 mètres au-dessus du niveau de la mer. Le relief, au-dessus du fond de la vallée, du plan d'eau créé est donc d'environ 30 à 31 mètres.

Pour apprécier la difficulté d'exécution d'un tel ouvrage, écoutons le jugement de la Commission sur un barrage dont elle discutait la création à Gamboa, pour l'alimentation du bief supérieur du projet de la Compagnie.

Ce barrage aurait dû retenir les eaux à la cote 49. Le fond du Chagres est à la cote 14 à Gamboa. Le relief du plan d'eau, créé par le barrage, eut donc été de 35 mètres au-dessus du fond de la vallée, soit donc seulement 4 ou 5 mètres de plus que pour celui adopté à San Pablo par la Commission.

On conviendra que la différence n'est pas excessive et ne suffit pas à changer la face d'un problème. Voici ce que pense la Commission du barrage de Gamboa :

« A la cote 49, l'alimentation directe au moyen d'un lac ou réservoir supérieur est à peu près impraticable. On serait en effet conduit à construire, soit des digues en terre, soit un mur d'une hauteur excessive. Avec les soins et les précautions qu'on pourrait y apporter en France, un pareil ouvrage ne serait peut-être pas irréalisable, mais dans l'Isthme de Panama, avec l'aléa que présente partout le sol de fondation, avec l'incertitude qui plane sur la bonne confection des maçonneries, avec le danger des mouvements souterrains, on ne saurait faire reposer l'existence du Canal sur un ouvrage d'un caractère aussi exceptionnel. »

La Commission n'a pu manquer de se rendre compte que s'il n'existe qu'une minime différence de 4 à 5 mètres, dans la hauteur de retenue, entre l'ouvrage qu'elle condamne et celui qu'elle propose, si l'un est considéré par elle comme impraticable, l'exécution de l'autre ne peut jouir à ses propres yeux d'une absolue garantie de certitude.

Aussi dans le rapport technique s'exprime-t-elle sur sa proposition avec une circonspection qui confine au doute :

« Or, le sol sur lequel appuieront ces barrages ne peut inspirer qu'une confiance très limitée : assez solide au flanc des cerros, très variable dans la position sur les versants, il plonge au thalweg de la vallée et est remplacé par

« des dépôts de sable, de galets et d'argile sur lesquels il y aurait danger à asseoir
« un barrage d'une grande hauteur.

« L'étude qui a été faite au sujet du barrage de San Pablo permet d'es-
« **pérer la réussite**, en limitant le niveau des eaux à celui qui convient pour un
« bief de partage à 34 ou 35 mètres au-dessus du niveau de la mer, mais il serait
« probablement imprudent d'aller au delà. »

Ainsi l'opinion de la Commission sur le principal élément de la solution, savoir le barrage, est seulement qu'il est permis d'espérer le faire, mais rien de plus.

En vérité, ce n'est pas suffisant et une solution qui, pour la traversée du massif central, ne laisse voir la réussite que par le concours d'une bonne fortune spéciale, qui pour le barrage, son indispensable instrument, n'admet qu'une espérance de réalisation, une solution telle manque, et au plus haut degré, de l'élément indispensable : la complète et absolue sécurité d'exécution dans le temps prévu et avec les ressources prévues.

En réalité, les deux questions du barrage du Chagres et de la traversée du massif central, sont deux questions indépendantes, ayant chacune son individualité et ses nécessités propres à satisfaire.

En rejetant l'alimentation mécanique du bief, qui seule permet de leur donner cette indépendance relative et de disjoindre les deux problèmes, on les rive l'un à l'autre comme deux forçats par une même chaîne et toute solution satisfaisant l'un torture l'autre. Une solution mitigée n'en soulage aucun et les torture tous les deux.

J'ai dit plus haut que, faute de suivre le chemin rationnel et sûr, on se jetait, soit dans un approfondissement excessif de la Culebra, soit dans l'élévation impraticable du barrage de retenue. Entre ce Charybde et ce Scylla, la Commission a pris un moyen terme, mais, en réalité, il faudrait un concours bien exceptionnel de circonstances pour que la solution n'amenât pas à sombrer dans les deux gouffres à la fois.

Après avoir discuté la question des travaux, depuis et y compris le massif central, jusqu'à San Pablo, poursuivons le programme général tracé par la Commission, entre ce point et Colon, nous réservant de débattre plus loin les questions non moins capitales des emplacements et des types d'écluses.

Entre les barrages de San Pablo et Bohio Soldado, il est constitué un lac à la cote minimum 15 pouvant s'élever en cas de crues exceptionnelles à la cote 16,50.

Ce lac, d'une superficie de 1,000 hectares et où circulent librement les eaux du Chagres, écoule, par deux déversoirs, le trop-plein, de ses eaux.

Cette fois, le barrage n'a plus que des dimensions des plus modestes, le plan d'eau tendu à une cote maximum de 16^m,50 est à environ 15 mètres au-dessus

du sol du thalweg, aussi n'inspire-t-il plus aucune crainte à la Commission qui n'a pas pensé même qu'il fût nécessaire de fournir à son sujet aucun dessin à l'appui du rapport.

Voici d'ailleurs comment elle s'exprime à ce propos :

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

Cette impression concorde parfaitement avec celle de tous ceux qui sont réellement au courant des travaux de l'Isthme. Un barrage tel que celui projeté à Bohio se trouve absolument et complètement dans la limite des efforts qui seront certainement couronnés de succès. Le temps requis pour l'exécution laisse une marge suffisante pour parer à l'imprévu et aux incidents inhérents à des travaux hydrauliques considérables, à exécuter dans une rivière brutale et capricieuse comme le Chagres.

Il est d'un ordre de grandeur convenable, en harmonie avec la puissance de travail dans ce pays; il n'est plus de la nature de ceux qui font aboutir à des luttes désespérantes contre l'impossible.

Le lac formé à l'amont du barrage ne donne lieu à aucune critique, sa largeur moyenne très importante permet d'admettre qu'il résout convenablement la question du Chagres de San Pablo à Bohio; en outre, il supprime presque tout terrassement dans le Canal lui-même, entre ces points.

La partie du Canal, comprise entre les deux barrages, est donc à tous égards bien conçue.

Pour ce qui est de la partie située à l'aval de Bohio Soldado jusqu'à la mer, nous nous trouvons, au contraire, placés en face d'une solution qui paraît équivaloir à la condamnation de tout trafic sûr et régulier.

Dans cette partie, le Canal est à niveau et la circulation aura lieu dans une tranchée de profondeur variable, creusée à travers un sol ayant un relief au-dessus des eaux de la mer, variant entre 0 et 8 mètres.

Dans cet espace, le Canal sera à une voie, c'est-à-dire que la tranchée sera strictement limitée à la section nécessaire pour le transit des navires à petite vitesse, et sans courant contraire.

Le tracé coupe neuf fois le lit du Chagres, qui décrit, dans cette plaine immense que le Canal parcourt sur 23 kilomètres, une infinité de méandres.

Le chemin dessiné par le Chagres, de Peña Blanca à son embouchure, n'est pas moindre que 49 kilomètres, alors que le Canal relie le même point à la mer par une conduite continue, longue de 22 kilomètres.

Les dérivations, faisant communiquer les boucles du Chagres, sont ouvertes sur les rives gauche et droite du Canal. Chacune raccourcit bien, dans une

certaine mesure, la distance qu'auraient à parcourir les eaux du Chagres s'il restait constamment dans son lit naturel.

Ainsi, de Peña Blanca au Puerto-Escondido, les eaux dérivées ont à suivre 33 kilomètres environ sur la rive gauche, alors que, par la rive droite du Canal, les eaux dérivées atteignent l'embouchure, après avoir parcouru environ 35 kilomètres.

La Commission propose de parachever ces dérivations, mais sans toutefois donner de dimensions plus amples à celles déjà, à peu près, complètement ouvertes, puis de laisser les eaux de crues choisir librement entre ces différents émissaires, les dérivations et le Canal, qui resteront reliés entre eux par les bras de l'ancien Chagres.

La dérivation prévue sur la rive droite du Canal entre les kilomètres 15 et 22 serait seule augmentée.

« *Les eaux, dit la Commission, se répartiront d'elles-mêmes comme elles font entre les divers bras d'un fleuve aboutissant à la mer.* »

La Commission a voulu établir un parallèle entre ce qui est appelé à se passer avec les trois émissaires qui comportent chacun des pentes et des sections différentes, en courant tout le long de la vallée du Chagres et ce qui a lieu dans le delta d'un grand fleuve, dont l'embouchure, constamment remblayée par ses apports, le fait, au moment de se jeter dans la mer, hésiter dans sa course et s'épandre en plusieurs bras.

Dans le delta d'un fleuve tel que le Nil, le Mississipi, le Mekong, la pente des divers bras allant du tronc commun à la mer est insensible, la différence de pente entre deux bras quelconques l'est encore moins; par conséquent, c'est là uniquement ce qui détermine l'hésitation du fleuve et sa répartition en plusieurs rameaux que les circonstances, les plus faibles, peuvent à tout instant, soit boucher, soit ouvrir à nouveau.

Dans une vallée à pente raide comme la vallée du Chagres les choses se passeront d'une façon diamétralement opposée.

Lorsque l'eau aura à se répartir entre trois voies, dont l'une la conduit à la mer en franchissant 22 kilomètres, et les deux autres par un chemin moitié plus long, elle n'hésitera pas à se précipiter dans le canal à pente raide, à section uniforme et à courbes douces, au lieu de suivre le canal à pente faible, à contours sinueux, à coudes nombreux et à sections variables.

Souvent des crues produiront à l'aval de Bohio des surélévations de 2, 3 et même 4 mètres de niveau. Pourrait-t-on s'imaginer qu'entre un canal ayant une pente de $\frac{4}{22000}$ et deux autres ayant $\frac{4}{33000}$ ou $\frac{4}{35000}$ ou, autrement dit, entre une inclinaison de 0^m,182 par kilomètre et deux autres ayant soit 0^m,121 ou 0^m,114 par kilomètre, la répartition puisse aboutir à autre chose qu'à un afflux d'eau dans le Canal proprement dit et par suite au développement de vitesses exagérées dans sa cuvette?

Ces afflux d'eau et ces vitesses seraient, nous le reconnaissons, sans gravité

pour la navigation, mais à la condition expresse que les dimensions du Canal ne fussent pas strictement limitées à ce qui est nécessaire pour un transit dans des eaux dormantes. Le Canal à une voie, tel qu'il est prévu, avec largeur de 22 mètres au plafond, 40 mètres à la ligne d'eau et 9 mètres de profondeur, ne peut laisser transiter des navires ayant 7 mètres de tirant d'eau et 14 mètres de largeur au maître couple que si les eaux sont calmes. Admettre les eaux sauvages dans un tel canal, c'est en condamner le trafic, à moins de tripler sa largeur et d'augmenter sa profondeur de 2 ou 3 mètres.

En outre, dans un canal aussi peu large, et où les eaux prendront une vitesse élevée, elles rongeront certainement les talus et viendront déposer leurs apports dans le bassin de Colon. Il en résultera, non seulement des dragages d'entretien considérables dans ce port, mais encore un absolu défaut de sécurité pour la tenue des fonds mêmes du Canal, où chaque crue (les petites crues de 400 à 500 mètres cubes sont courantes pendant l'hivernage) pourra jeter au hasard des remous, des amoncellements de bois ou de terre arrachés aux pentes des vallées ou tel autre obstacle qui en rendra l'exploitation inadmissible, s'il n'est pas réservé une distance de plus de 2 mètres entre le fond du Canal et la quille des grands navires.

Il est assez délicat de calculer les vitesses qui seraient appelées à se produire, si on réalisait l'idée de la Commission. Les sinuosités et les sections des dérivations étant très nombreuses et mal réparties, la pente des eaux, dans les différentes parties de chaque dérivation, variera, et il en résultera, à chacune des neuf rencontres du Chagres avec le Canal, soit des rentrées d'eau des dérivations dans le Canal, soit des sorties et par suite des courants d'écharpe ou des remous dangereux.

En supposant qu'il n'y eût pas de ces répartitions secondaires gênantes et que le régime définitif de chaque écoulement s'établisse dès Peña Blanca, il est possible, en admettant ces hypothèses, sinon de calculer avec précision la vitesse dans chaque gouttière d'écoulement, tout au moins d'avoir un aperçu de leur grandeur relative.

Supposons une crue de 2 mètres à Bohio.

Dans le Canal, la section d'écoulement sera de 363 mètres carrés et la longueur du périmètre mouillé de 53 mètres.

Le rayon moyen sera $R = \frac{363}{53} = 6,85$. La pente nous est connue.

La vitesse est fournie par la formule :

$$\begin{aligned}U &= 50 \sqrt{R i} \\U &= 50 \sqrt{6,85 \frac{2}{22,000}} \\U &= 1,24\end{aligned}$$

Soit un débit de 454 mètres cubes.

Dans la dérivation gauche, on aura, en supposant au Chagres une largeur moyenne de 80 mètres et un fond à la cote 0 :

$$\begin{aligned} S &= 164^{\text{mq}} \\ C &= 85^{\text{m}},65 \\ U &= 50 \sqrt{1,92 \frac{2}{33,000}} \\ U &= 0^{\text{m}},53 \end{aligned} \quad R = 1,92$$

Soit un débit de 87 mètres cubes.

En supposant pour la dérivation Rive droite, un plafond de 30 mètres à la côte — 3 :

$$\begin{aligned} S &= 175^{\text{mq}} \\ C &= 44^{\text{m}} \\ U &= 50 \sqrt{3,97 \frac{2}{35,000}} \\ U &= 0^{\text{m}},75 \end{aligned} \quad R = 3,97$$

Soit un débit de 131 mètres cubes.

Ainsi donc le Canal absorberait 454 mètres cubes alors que chaque dérivation ne prendrait : la première que 87 mètres cubes et la deuxième que 131 mètres cubes, pour une crue totale de 672 mètres cubes.

Sans doute, ce calcul ne saurait prétendre à présenter la réalité, car il faudrait que les sections successives correspondissent à ces débits, et il n'en est rien, ni dans le Canal, ni dans les dériviations. Il est toutefois intéressant, car il montre bien évidemment que, dans cette hypothèse, le canal de navigation absorbera un volume supérieur au double de ce que débiteront les deux autres canaux d'écoulement réunis et que la vitesse y sera égale à environ deux fois la moyenne des deux autres.

Si l'on répétait un calcul analogue en supposant une crue de 4 mètres à Bohio, on trouve que le canal de navigation absorberait 855 mètres cubes, et qu'il s'y développerait une vitesse de 1^m,88, alors que les puissances d'écoulement seraient pour les deux autres 352 mètres cubes et 316 mètres cubes, et les vitesses correspondantes 1^m,05 et 1^m,22. Dans ce cas, le Canal absorbe près d'une fois et un tiers la quantité d'eau qui s'écoule par les deux dériviations et la vitesse y est environ des deux tiers supérieure à la moyenne des deux autres.

Toutes ces indications justifient bien clairement les objections que nous avons développées au système de la Commission. Il est bien évident que l'on ne saurait tolérer des vitesses de deux nœuds et demi et de trois nœuds et demi, comme celles correspondant aux crues de 2 mètres et de 4 mètres, sans augmenter considérablement la section du Canal et porter par exemple son tirant d'eau à 12 mètres au lieu de 9, et sa largeur au plafond à 60 mètres au lieu de 22.

D'ailleurs, fait bien singulier, la Commission elle-même, en étudiant le Canal à niveau, n'a pas admis qu'il pût être à niveau absolument, en raison des

courants que les marées du Pacifique produiraient dans le Canal, et elle a conçu la nécessité de portes de marées, près de Panama.

Or, quel est le rôle de ces portes? c'est d'éviter qu'une dénivellation de 2^m,50 à 3^m,50 puisse se produire à l'extrémité Panama, pendant que l'extrémité Colon est à un niveau à peu près constant. Mais une pareille dénivellation entre deux points distants de 75 kilomètres, paraît être appelée à produire des courants beaucoup moindres qu'une dénivellation de 2 à 4 mètres, entre Bohio et Colon, qui ne sont distants que de 22 kilomètres.

Et de semblables dénivellations sont rendues certaines, si les crues du Chagres sont librement admises dans le Canal.

Il semble y avoir là, une singulière contradiction!

Quoi qu'il en soit, nous sommes amenés à conclure que, si l'on conserve la section réduite de Canal à une voie entre Bohio et Colon, il est inadmissible de laisser les eaux du Chagres errer en liberté dans la vallée basse et qu'une telle décision équivaldrait à la condamnation certaine de tout trafic continu et régulier dans cette partie du Canal.

Nous nous réservons d'indiquer plus tard quelle solution est à donner à cette question pour éliminer tout aléa dans l'écoulement convenable du bas Chagres.

DISPOSITIONS PARTICULIÈRES ADOPTÉES PAR LA COMMISSION

Après avoir suivi minutieusement les dispositions générales du projet de la Commission, il convient d'examiner une partie nouvelle de ses recherches dont l'importance est absolument de premier ordre pour l'économie des travaux à exécuter.

Nous voulons parler du type des écluses et de l'emplacement qui leur a été donné.

A juste raison, la Commission, pour déterminer le type d'écluse sur lequel devait porter son choix, a procédé tout d'abord au calcul du trafic que comportait la disposition adoptée au projet de l'ancienne Compagnie et qui prévoyait, on s'en souvient, une série d'écluses isolées et à une chute atteignant, soit 8 mètres, soit 11 mètres de hauteur.

Elle a commencé par définir le temps nécessaire à effectuer une éclusée, et le résumé de ses évaluations figure au tableau ci-après :

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

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

On remarquera avec quelle amplitude l'évaluation des différentes périodes est faite.

Si l'on peut admettre le temps, relativement allongé, de 9 minutes pour l'introduction du navire dans le sas, en vue des précautions à prendre pour qu'il ne vienne pas buter contre la porte opposée, on conçoit plus difficilement que la même période soit nécessaire pour un bâtiment qui a la route libre devant lui et que 9 minutes, plus une demi-minute de battement, lui soient nécessaires pour franchir 200 mètres.

Il semble bien évident que 4 minutes doivent amplement suffire pour ce deuxième mouvement, si 9 sont nécessaires au premier.

En outre, le temps compté pour la manœuvre des portes, qui se répète quatre fois, peut être nécessaire pour des portes à un vantail tournant qui déterminent le déplacement, dans de mauvaises conditions, d'une masse d'eau considérable, mais il est évidemment beaucoup trop long pour les portes à un seul vantail roulant sur un pont supérieur, lesquelles ne déplacent qu'un volume d'eau trois fois plus faible et dans des conditions de résistance infiniment préférables.

Si nous admettons, ce qui est parfaitement logique, que le temps de manœuvre est proportionnel à la résistance à vaincre et celle-ci proportionnelle au volume d'eau déplacé, nous serons amenés à réduire à 2 minutes le temps nécessaire pour faire éviter les portes, le temps porté pour les battements suffisant à couvrir le délai nécessaire à prévoir pour la révolution du pont tournant qui est, comme on le sait, presque immédiate.

On serait amené ainsi, en admettant tous ces correctifs et en maintenant

les autres évaluations pour éviter toute surprise, à réduire de $4 \times 4 + 5$, soit de 21 minutes, la durée d'une éclusee complète pour les écluses de 8 mètres et de 11 mètres, ce qui porterait le temps nécessaire à 71 minutes pour les premières et à 87 pour les dernières, soit 1 h. $\frac{1}{4}$ et 1 h. $\frac{1}{2}$.

Tout en voulant indiquer avec quelle largeur la Commission a procédé à ses évaluations, on comprendra bien que, sur un pareil sujet, elle ait tenu à se réserver une forte marge, et on ne saurait que trouver très justifiée cette prudence.

Mais si on admet ses chiffres pour être à l'abri de toute éventualité, on ne peut la suivre plus avant dans les conclusions qu'elle est amenée à en tirer, pour le nombre de passages auquel une écluse peut suffire.

Voici à peu près le sommaire de son raisonnement :

Le Canal comportant des écluses de 8 et de 11 mètres de chute, sa capacité de trafic sera déterminée par la capacité correspondant aux écluses de 11 mètres dont le débit est le plus lent.

Or une éclusee, pour une chute de 11 mètres, exige 1 h. $\frac{3}{4}$; par suite, une écluse de 11 mètres est capable d'effectuer environ treize éclusees par jour de vingt-quatre heures.

Comme chaque éclusee correspond au passage d'un bateau dont le tonnage moyen est de 1,853 tonnes, en comptant 320 jours ouvrables par an, une écluse de 11 mètres peut, au maximum, en fonctionnant constamment, livrer passage à $13 \times 1853 \times 320 = 7.708.480$.

Mais, comme il est impossible de penser que les navires arrivent aux ports extrêmes d'une façon assez régulière pour un travail aussi continu, il faut admettre que si une écluse est capable de ce trafic, il ne passera en moyenne par an que la moitié de cette capacité maximum soit 3,800,000 tonnes annuelles.

Comme ces chiffres sont évidemment insuffisants pour le trafic du Canal, la Commission a conclu au doublement des écluses, une devant servir à la montée et l'autre à la descente.

Nous n'avons qu'une objection à élever contre ce raisonnement, mais elle est capitale, car elle en modifie, du tout au tout, la conclusion.

Une éclusee entière doit correspondre, pour des écluses simples, non pas au passage d'un bateau, mais à celui de deux bateaux, par conséquent, non pas à 1,853 tonneaux, mais bien à $2 \times 1,853$ tonneaux.

Évidemment, tout est fonction de la formule choisie pour l'exploitation, mais il serait absolument inexplicable de ne pas prendre celles des formules donnant le rendement le plus élevé de passages par écluse.

Or, c'est précisément cette formule convenable d'exploitation que je vais chercher à développer.

Il est certain que si on a deux écluses identiques juxtaposées dont l'une sert uniquement à monter les bateaux et l'autre uniquement à les descendre,

chacune d'elles débitera le nombre de navires calculé plus haut, mais une seule écluse, avec une formule d'exploitation convenable, peut atteindre le même but où à peu près.

Pour le bien montrer, reprenons une image employée par la Commission elle-même.

Elle compare, dans un passage de son rapport, les écluses à des ascenseurs.

Cela est parfaitement exact, mais que penserait-on d'un architecte qui placerait deux ascenseurs côte à côte, l'un pour monter les voyageurs et l'autre pour les descendre? On ne manquerait pas de remarquer que la façon choisie par lui d'utiliser l'ascenseur est peu pratique, puisqu'il lui suffirait du même ascenseur pour monter les gens dans la course ascendante et en descendre d'autres dans la course descendante.

Avec le même coup de piston, un seul instrument, en changeant la formule d'exploitation, aura rendu le même service que les deux ascenseurs juxtaposés, et les frais de construction, d'entretien et de force motrice, seront diminués de moitié.

Si nous reprenons le tableau de tout à l'heure, qui s'applique à un navire montant, nous le voyons entrer dans le sas en 9 minutes, on ferme la porte derrière lui, soit 7 autres minutes, on remplit le sas en 24 minutes, on ouvre les portes de sortie ce qui exige 7 nouvelles minutes et enfin le navire sort en 9 minutes : l'écluse a débité 1,853 tonneaux.

A ce moment le sas est libre, va-t-on fermer la porte, le vider inutilement, puis rouvrir la porte d'entrée? Oui, si l'exploitation n'a pas reçu le plus léger embryon d'organisation systématique. Non, dans le cas contraire.

Si l'exploitation est organisée, aussitôt après la sortie du navire montant, un autre déjà arrivé et garé latéralement, sera halé dans le sas et, utilisant l'eau qui y aura été introduite pour élever le précédent, descendra avec elle.

Lorsque l'eau aura été évacuée et le navire sorti, l'éclusée complète aura correspondu non pas au passage d'un seul navire, mais au passage de deux navires.

Je me hâte d'ajouter que l'éclusée ainsi comprise dure un peu plus longtemps que la précédente et s'augmente du temps d'entrée et de sortie du second navire, soit 22 minutes en comptant les battements supplémentaires, ce qui porte la durée de l'éclusée complète respectivement à 114 ou 130 minutes pour les types de 8 et de 11 mètres.

Cela correspond à 12 et 11 éclusées totales pour 24 heures, chacune débitant : $2 \times 1,853$ tonneaux ou 3,706.

En reprenant, comme toujours, les chiffres élémentaires appréciés par la Commission, on arrive à un débit théorique pour les écluses de 11 mètres de $2 \times 1,853 \times 320 \times 11 = 13,045,120$.

Si, comme l'a fait la Commission dans son calcul, on réduit de moitié ce débit théorique pour obtenir la moyenne du tonnage dont le Canal est capable

annuellement, on trouve 6,500,000 tonneaux et non pas 3,800,000 comme on y était conduit en supposant une formule d'exploitation irrationnelle.

Cette constatation est des plus importantes, car elle démontre que les écluses simples, convenablement utilisées, suffisent largement pour un trafic de 6 millions de tonneaux.

Et il convient de faire remarquer, que ces chiffres sont obtenus sans rectifier, en aucune sorte, les éléments de durée des divers mouvements fournis par la Commission.

Si l'on appliquait seulement les rectifications que j'ai signalées plus haut, soit 24 minutes par écluse complète, on aboutirait à 13 éclusées par jour, ce qui conduit à trouver une capacité théorique de transit égale à 15,416,000 pour les écluses de 11 mètres, chiffre qui, réduit à la moitié, donnerait au Canal une puissance de 7,700,000 tonnes de trafic moyen. C'est, à mon avis, le chiffre véritable du trafic auquel la disposition des écluses simples et isolées correspond.

Il peut paraître superflu d'insister sur les procédés à employer pour réaliser le croisement, auprès des écluses, des navires montants et descendants, le problème n'est pas autre que celui du croisement des trains sur les lignes à une voie; un simple graphique de chemin de fer permet de l'établir.

Il suffit de remarquer que, depuis le moment où un navire entre dans l'écluse, jusqu'à celui où il en sort, il s'écoule, d'après les évaluations de la Commission, 56 minutes.

Dans ces conditions, chaque écluse devra être assimilée à une portion de canal à voie unique, comprise entre deux garages et exigeant 56 minutes pour être franchie. Le Canal, considéré à ce point de vue, aura une circulation identique à celle d'un canal à niveau, dans lequel chaque écluse serait remplacée par un tronçon de voie unique, avec croisements aux extrémités et exigeant un temps de parcours égal à 56 minutes.

En concevant de la sorte le rôle des écluses, on éprouve un certain étonnement à penser que la Commission n'ait fait aucune allusion à un mode d'exploitation aussi rationnel et aussi simple.

Le procédé qu'elle propose, d'avoir des écluses pour les bateaux montants et d'autres pour les descendants, revient, somme toute, à remplacer les tronçons de voie unique par des doubles voies.

Nous ne contestons pas que cette solution est plus magistrale et plus satisfaisante au point de vue de l'exploitation, mais il est entendu, que le plan à rédiger ne doit comporter aucun luxe et l'on peut dire que la double voie est un luxe avant lequel le Canal de Panama doit satisfaire des nécessités autrement urgentes. En tous cas, il est assez malheureux, que ce doublement de voie se fasse précisément dans les parties du Canal les plus difficiles à exécuter et les plus coûteuses.

Un autre point, et qui mérite considération, est celui-ci :

Si une écluse que nous avons appelée complète, comporte le passage de deux bateaux au lieu d'un, la consommation d'eau du bief central en eau d'éclusées sera moitié moindre que celle portée en compte avec des écluses doubles.

Pour les personnes qui trouveraient qu'une capacité théorique de 13 à 15 millions de tonnes, correspondant au passage moyen annuel de 6 à 8 millions de tonnes ne suffit pas, et qui s'effraieraient de voir le Canal de Panama limité à ce trafic par des écluses de 11 mètres de chute, nous répondons qu'il est absolument pratique, en choisissant convenablement l'emplacement des écluses, de doubler la capacité de trafic, ou à peu près, sans faire une seconde écluse. Il suffit d'élargir le sas, de façon à loger, non pas un bateau, mais deux bateaux dans la même écluse.

Or, les écluses de Panama, si elles sont rationnellement placées, peuvent à peu d'exception près, ne demander aucune maçonnerie de bajoyers à l'intérieur des sas.

Dans ces conditions, le simple élargissement de la cuvette des sas, sans toucher aux têtes, est absolument pratique et admissible en pleine exploitation, puisqu'il réside uniquement dans l'excavation d'un des flancs d'une tranchée rocheuse, pendant les périodes de non-occupation du sas.

Cette disposition exigerait naturellement des croisements plus longs et entraînerait à des dépenses supplémentaires qu'il est entièrement superflu d'engager dès maintenant, les écluses isolées ayant, je l'ai établi, une capacité de trafic supérieure aux nécessités probables des premières années d'exploitation.

La méthode normale de régler le transit telle que je viens de l'exposer, si elle présente l'avantage de doubler, ou à peu près, le rendement des écluses en passages de navires, est absolument incompatible avec le type d'écluse dont la Commission a fait choix et qui est, comme je l'ai dit, connu sous le nom d'échelle de Neptune.

Ces écluses, placées bout à bout dans le sens de la longueur et sans sas intermédiaire, excluent naturellement tout garage entre elles deux, condition indispensable, comme cela vient d'être montré, pour obtenir d'une écluse tout le rendement dont elle est susceptible en passages de navires.

Cette disposition a un autre inconvénient, non moins grave au point de vue des terrains de l'Isthme : les buttes rocheuses qui peuvent recevoir les écluses dans des conditions très satisfaisantes, sont en général courtes et ne comportent pas la longueur considérable de terrains rocheux et homogènes, qui est rendu nécessaire par l'établissement de deux écluses juxtaposées, placées l'une après l'autre dans le sens de la longueur : c'est ainsi qu'à San Pablo, les terrains résistants comportent à peine la longueur nécessaire pour asseoir, d'une façon satisfaisante, une seule écluse.

Ces multiples inconvénients du type adopté ne sauraient avoir échappé aux lumières de la Commission.

Quelle est donc la raison qui l'a fait conclure à l'adoption d'écluses à double chute qui entraînent, comme nous l'avons vu, l'obligation de répéter deux fois ces coûteuses constructions et d'adopter une formule d'exploitation exigeant deux fois plus d'eau qu'il n'est réellement nécessaire?

Y aurait-il dans les écluses à une seule chute, qui ont sur les premières tant d'avantages, quelque autre raison qui en rende l'emploi injustifiable?

Il y a lieu de rechercher, pour éclairer ce point, les objections faites aux écluses isolées en dehors de la question du rendement en passages de navires qui vient d'être discutée à fond.

Voici les seules critiques que nous relevons au système d'écluses isolées, toutes séparées par des biefs, tel qu'il avait été adopté par la Compagnie :

« Le défaut de longueur de certains biefs, aggravé par le fait qu'ils sont établis en courbe, y rendrait les manœuvres fort difficiles, de plus, les éclusées y produiraient des dénivellations et des appels d'eau, dont les conséquences ne paraissent pas avoir été suffisamment appréciées. »

Le bief le plus court qui existe dans le projet de la Compagnie, et celui, par suite, auquel le reproche précédent s'applique avec son maximum d'intensité, est le bief compris entre la septième et la huitième écluse que rencontrera un navire ayant franchi le bief central et se dirigeant vers le Pacifique; il est compris entre les kilomètres 57,140 et 57,960.

Il a une longueur libre entre les extrémités des ouvrages de tête des écluses de 820 mètres.

Ce sera moins un bief qu'un garage permettant aux navires montant et descendant de s'éviter. La longueur très faible du bief à parcourir permet donc de consacrer aux manœuvres tout le temps d'attente imposé au navire entre son entrée dans le bief et le moment où il pourra pénétrer dans l'écluse suivante.

Pour revenir aux réserves formulées par la Commission, il semble impossible de justifier que la faible longueur d'un bief soit un obstacle aux manœuvres qui doivent s'y accomplir, même s'il est en courbe, car plus le bief est réduit plus le temps affecté au stationnement que le navire doit y subir est grand et plus grande par suite est la facilité d'accomplir les opérations nécessaires.

La facilité de manœuvre pour passer d'une écluse à l'autre est à son maximum, quand le bief n'est plus qu'un garage comme le cas que nous envisageons.

L'objection tirée des appels d'eau pourrait, au contraire, devenir sérieuse dans certains cas; elle ne l'est fort heureusement pas dans aucun des biefs prévus au projet de la Compagnie.

La surface d'eau du bief que nous considérons, sera d'environ 45,000 mètres carrés auxquels il faut ajouter celle d'un petit lagon latéral de 5 hectares résultant

tant de l'inondation du val du Rio Grande par les eaux du bief. On aura donc 95,000 mètres carrés de superficie d'eau.

Une écluse de 11 mètres, exigeant 47,500 mètres cubes, y produira une dénivellation de 50 centimètres en 24 minutes, soit une variation de niveau de 2 centimètres par minute, alors que la vitesse d'ascension de l'eau dans les sas d'écluses est prévue par la Commission, comme devant être de 45 centimètres par minute, soit environ 20 fois plus rapide.

On ne peut donc pas soutenir que cette variation de niveau dans les biefs courts puisse présenter de sérieux inconvénients, alors qu'on admet dans les sas une vitesse 20 fois supérieure.

Quant aux appels d'eau, il ne semble pas qu'ils puissent provoquer d'inconvénients particuliers aux biefs courts. Il est facile de se rendre compte qu'un appel d'eau d'une amplitude déterminée, pendant un laps de temps également déterminé, produit des courants moindres dans un bief court que dans un bief long, à une distance donnée du centre d'appel.

En effet, dans le voisinage de ce centre d'appel, c'est-à-dire là où se trouve déterminé le courant maximum, il est bien clair que la vitesse de ce courant dépendra uniquement de la section d'écoulement et de la masse d'eau écoulée par seconde, mais non pas de la plus ou moins grande longueur du bief dont celle-ci provient.

D'autre part, si nous nous plaçons dans un bief quelconque, à deux cents mètres de distance, par exemple, du centre d'appel, il passera, pendant une durée de temps déterminée, une quantité d'eau égale à la masse absorbée par le centre d'appel, moins le volume correspondant à la diminution du niveau entre le centre d'appel et la section considérée.

On voit par là que plus un bief sera court, plus la dénivellation sera grande et plus petite, par conséquent, sera la masse d'eau ayant eu à franchir la section considérée.

La vitesse dans une section située à une distance donnée du centre d'appel est donc tempérée par la diminution de niveau que subit l'eau dans les biefs courts. Il est donc bien certain que les appels d'eau ne sauraient être invoqués contre les biefs courts, au point de vue de l'intensité des courants qu'ils peuvent déterminer.

Par conséquent, même dans un bief extrêmement court, comme celui que nous envisageons et qui est exceptionnel, ni les dénivellations, ni les appels d'eau ne peuvent produire des effets fâcheux.

Il suffit simplement de projeter les ouvrages de façon que les oscillations maximum ne puissent avoir pour effet de diminuer, au-dessous d'un chiffre déterminé, le tirant d'eau nécessaire au flottage des navires.

On conviendra que ces objections, non plus que celles tirées du débit trop restreint des écluses à une chute isolée, ne suffisent pas à justifier leur rejet, et si

la Commission a adopté des écluses à double chute malgré leurs inconvénients, c'est, en réalité, pour des obligations autrement graves et qui lui étaient absolument imposées par la nature des choses et les conséquences fatales et inévitables des lignes générales du projet qu'elle avait adopté.

En effet, nous avons vu qu'en rejetant l'alimentation mécanique du bief central, la Commission s'était condamnée à amener l'eau dans ce bief à l'aide d'un barrage jeté en travers de la vallée du Chagres, et relevant les eaux à la cote voulue.

Nous avons vu comment la Commission se trouvait, pour l'emplacement de ce barrage, obligée à choisir uniquement entre deux points : Bohio et San Pablo.

Nous avons vu comment elle s'était trouvée contrainte à fixer la situation du barrage à San Pablo, pour éviter de presque impossibilités manifestes que révélait l'adoption de l'emplacement de Bohio, et cela malgré le défaut d'absolue certitude de pouvoir réaliser le barrage à San Pablo.

Étant ainsi conduite, par l'inflexible logique des faits, à placer le grand barrage de retenue à San Pablo, il lui fallait descendre des hauteurs du lac supérieur ainsi créé, jusqu'au niveau du lac inférieur, qu'elle avait projeté entre San Pablo et Bohio, c'est-à-dire de l'altitude maximum de 37^m,50 à l'altitude minimum 15, autrement dit franchir une dénivellation de plus de 20 mètres.

Or, à partir des buttes de San Pablo, sur lesquelles s'appuie le barrage, il est irréalisable de subdiviser la descente en plusieurs étages, et de créer des écluses à une chute séparées par des biefs.

Il fallait donc rejoindre le lac supérieur et le lac inférieur par un seul ouvrage et la Commission n'avait plus que le choix entre une écluse gigantesque de 22 mètres de chute ou bien une échelle de Neptune, c'est-à-dire deux écluses successives placées bout à bout.

Elle ne pouvait admettre l'écluse gigantesque dont la capacité de trafic est trop faible et dont la création soulève toute une série de problèmes non encore résolus par la pratique usuelle; elle s'est donc vu réduite à la nécessité de l'échelle de Neptune.

Elle n'a pu ignorer que des deux écluses de San Pablo, celle placée dans la butte amont rencontrait seule un terrain satisfaisant et que la deuxième écluse était construite dans un massif comportant les terrains les plus variables et les moins dignes d'être choisis pour l'emplacement d'un tel ouvrage autrement que sous la pression d'une impérieuse nécessité.

Elle n'a pu ignorer que les excavations faites pour l'écluse qu'avait projetée la Compagnie dans la butte amont, celle dont le noyau est d'une roche solide et homogène, sont poussées actuellement plus bas qu'à la cote 8, dans toute la longueur et beaucoup plus profondément à la tête aval, alors que le sas qui y est projeté par la Commission aura son plafond à la cote 16 et que ce seul fait, dans la seule des deux buttes qui soit satisfaisante comme terrain, rend

l'exécution de cet ouvrage, tel que l'a conçu la Commission, extrêmement dispendieux par suite de l'obligation de remplacer la roche excavée par la roche artificielle, c'est-à-dire remblayer l'excavation par de la maçonnerie.

Non, la Commission n'a pu ignorer et n'a pas ignoré, en fait, tout cela, mais elle n'avait plus le choix des solutions.

Là, comme pour la double question du massif central et du barrage, elle n'avait plus qu'à choisir entre les maux le moindre. Elle s'était coupé le chemin des solutions vraiment adaptées aux circonstances locales.

C'est ainsi que l'inévitable fatalité d'un point de départ erroné mène partout à des conséquences fâcheuses sur tous les points. Le rejet injustifié de l'alimentation du bief central par des machines a conduit successivement et obligatoirement :

1° A adopter une tranchée trop forte pour les moyens dont la Commission elle-même a admis qu'on disposât ;

2° A projeter un barrage trop haut au sujet duquel la Commission n'a pas cru pouvoir manifester autre chose qu'un espoir de réalisation sans avoir pu même fixer exactement son emplacement ;

3° A choisir une disposition d'écluse contraire à une exploitation rationnelle ;

4° A mettre ces écluses dans des emplacements contraires à la nature des choses et exigeant par suite de lourdes et infructueuses dépenses ;

5° Enfin à consommer une quantité d'eau d'éclusage double de celle qui est nécessaire réellement, ce qui fait courir au Canal, par suite, en cas d'année exceptionnellement sèche, le danger d'une disette d'eau alimentaire.

Et nous pouvons répéter ce que nous disions au début de cette étude que l'art de l'ingénieur étant tout fait d'observation et de raisonnement, on n'est conduit au résultat juste que si les observations qui lui servent de point de départ ne sont point entachées d'erreurs et que la faute, la plus légère en apparence, commise dans l'appréciation des choses au début d'une conception générale, se répercute et s'amplifie dans tous ses détails et tous ses éléments.

Ici, l'erreur initiale faite par la Commission, et qui a pesé si lourdement sur les résultats du travail considérable qu'elle a réalisé, réside, nous l'avons vu, dans la condamnation trop vite formulée du système d'élévation mécanique des eaux nécessaires au bief central.

EXAMEN DES BASES D'ÉVALUATION FIXÉES PAR LA COMMISSION

Une partie extrêmement importante de l'œuvre de la Commission est l'estimation générale du prix de revient de son projet et l'évaluation des prix élémentaires, par unité de mesure, de chaque catégorie de travaux.

La Commission fixe à 638 millions le montant total des dépenses à prévoir et qu'elle décompose en trois groupes :

Frais d'exécution proprement dite du projet théorique . Fr.	485.800.000
Imprévus	94.200.000
Frais généraux.	58.000.000
Total Fr.	<u>638.000.000</u>

La somme totale ainsi fixée se compose donc pour les frais d'exécution de 76 0/0 du total, l'imprévu est évalué à 15 0/0 et les frais généraux à 9 0/0 de la même somme.

Quelque considérable que paraisse le montant de cette appréciation, il est encore, à mon avis, très inférieur aux dépenses qu'entraînerait la réalisation du plan si coûteux auquel s'est arrêtée la Commission.

Pour bien mettre en relief les motifs qui basent cette opinion, il faut jeter un coup d'œil sur la façon dont on a choisi les prix élémentaires qui déterminent l'évaluation ci-dessus.

La Commission avait à se rendre compte de deux catégories bien distinctes de prix élémentaires : les prix de terrassements d'une part, les prix de maçonnerie de l'autre.

Pour les terrassements, il y avait un nombre extrêmement élevé d'exemples de prix tirés des contrats successifs et correspondant à une série très étendue de travaux exécutés pendant une longue période de temps et sous les régimes les plus divers : en régie, à la tâche, ou enfin au moyen de grandes entreprises.

La Commission possédait donc, pour cette nature de travaux, des éléments nombreux d'appréciation et de contrôle. Elle ne pouvait, par suite, se renfermer dans la besogne stérile d'une évaluation théorique de tous les éléments qui pèsent, dans ce pays difficile, sur l'énergie de production et son prix de revient.

Elle était naturellement amenée à prendre les prix de revient tels qu'ils résultaient en bloc des témoignages matériels de l'expérience, et c'est ainsi, en réalité, qu'elle a opéré.

Pour les maçonneries, la question s'est posée tout autrement. Jusqu'à présent, il n'a pas été fait dans l'Isthme de grands travaux de maçonnerie. C'est à titre accidentel et en très petites masses qu'il en a été réalisé. L'ouvrage le plus important de cette nature est le barrage du Rio Grande, effectué par la Société Artigue, Sonderegger et C^{ie}, en vue d'alimenter le bief artificiel de dragage créé à flanc de coteau sur le versant Pacifique du col de Culebra.

Et encore le barrage, bien que supportant une retenue de 14 mètres, a, grâce au système spécial de construction qui y a été appliqué et à la disposition des lieux, exigé relativement très peu de maçonnerie (900 mètres cubes environ).

La Commission, au contraire de ce qui s'est passé pour les terrassements,

n'avait donc en face d'elle aucune de ces expériences à vaste échelle qui seules permettent de concrétiser dans un prix de revient global tous les éléments insaisissables qui échappent à une théorie formulée dans le calme du cabinet.

Séduite par l'apparente facilité de suivre pas à pas les opérations successives de l'exécution des maçonneries et d'appliquer à chacune d'elles le prix correspondant pour en obtenir la valeur totale, la Commission a, pour cette unique catégorie de travaux, constitué *a priori* le prix de revient théorique.

En agissant ainsi, la Commission a opéré comme ont fait les premiers rédacteurs de projets de canal à travers l'Isthme et, comme eux, elle a abouti à négliger ce qui est le plus précieux enseignement de l'expérience acquise. Elle a oublié ce qui ne tient pas dans le cadre d'un calcul théorique, à savoir : tous les frais accessoires et les lourdes surcharges qu'imposent l'infériorité fatale de la valeur des agents dirigeants, sous l'action des maladies qui les déciment, la négligence, la paresse des ouvriers noirs, l'influence des pluies et le conditionnement général du travail, tous les éléments enfin qui, se glissant à chaque pas dans l'exécution, entravent la marche normale et régulière, et créent incessamment des dépenses supplémentaires.

Le squelette rigide d'une décomposition de prix de revient, de la nature de celles qu'on emploie en France dans les devis des Ponts et Chaussées, ne se prête à aucun égard à formuler le coût probable dans ces conditions.

Déjà, dans notre pays, les prix de revient, ainsi établis, ne se rapprochent de la vérité qu'avec une approximation de 20 à 30 0/0. Qu'est-ce donc pour l'Isthme, où le corps principal de la dépense réside dans les incidents secondaires, dont seule l'expérience acquise peut dégager la valeur moyenne et véritable ?

Si la Commission avait fait pour les prix des terrassements une décomposition analogue, elle aurait certainement abouti à des chiffres moitié plus faibles que ceux établis par la longue suite des travaux antérieurs.

Elle a eu la haute sagesse de s'en tenir, pour les terrassements, à l'examen de la valeur établie par l'exécution. Pourquoi s'est-elle rejetée dans la sèche et infertile théorie en ce qui concerne les maçonneries ?

Et pourtant les résultats auxquels elle a abouti, les témoignages qui ont été portés devant elle, auraient pu l'avertir de son erreur.

Il existe, entre les prix des divers travaux dans deux pays différents, un rapport à peu près constant. Si les prix de toute une catégorie de travaux entraînent dans l'Isthme des dépenses quatre ou cinq fois supérieures à celles qui en résulteraient en France, il y a beaucoup de raisons pour que l'ensemble des circonstances qui déterminent cette surélévation de valeur influe en même proportion sur d'autres séries de travaux.

Il suffit, pour un ingénieur expérimenté, de jeter les yeux sur le tableau des prix fixés par la Commission pour se convaincre que les prix de terrassement

représentent quatre à cinq fois et ceux de maçonnerie deux fois à deux fois et demi seulement ceux de l'Europe.

Il y avait donc en réalité dans ce fait seul une anomalie.

C'est en vain que l'on chercherait à l'expliquer en disant que la majeure partie du prix de la maçonnerie résulte de la valeur du ciment ou de la chaux et que cet élément n'est en réalité grevé que des frais de transport de France en Amérique.

En réalité, ce n'est pas le cas ; le ciment n'intervient dans le prix du mètre cube de maçonnerie, qui est fixé par le sous-détail à 78 francs, que pour la valeur de 20 francs environ. Les trois quarts du total sont donc afférents à des opérations effectuées dans l'Isthme et qui, par suite, comme les terrassements, sont frappées des mêmes faux frais et de la même surélévation par rapport aux prix d'Europe.

Une autre anomalie eût pu frapper la Commission, c'est que les prix mêmes résultant des travaux exécutés dans l'Isthme, et qu'elle cite pour justifier ses évaluations, leur sont tous très notablement supérieurs : aucun ne peut s'en rapprocher, même de loin.

Sans parler du prix des piliers des maisons, qui n'a en réalité rien de commun avec le genre de travail considéré, le rapport énonce : que pour les ouvrages de la déviation du P. R. R., on accordait 100 francs aux tâcherons, que pour les maçonneries du bassin de radoub de Colon et du pont du Mindi on n'a guère dépassé 100 francs et que sur le P. R. R. des maçonneries parementées en pierres de taille ou gros moellons sans massifs importants par derrière ont coûté en moyenne 108 fr. 50. Enfin elle ajoute que le prix de revient du barrage du Rio Grande a été inférieur à 90 francs. Nous ne discuterons pas les trois premiers chiffres, dont nous ne connaissons pas les éléments ni les sources, mais qui en tous cas semblent fixer à 100 francs au moins le prix de revient d'exécution par tâcherons. Nous pouvons affirmer en tous cas que la Commission a été induite en erreur pour le quatrième ; elle ne l'a pas d'ailleurs vérifié en s'adressant à la seule personne véritablement capable d'établir le prix de revient, à savoir l'entreprise qui l'a exécuté, mais nous l'avons fait à sa place.

Il est difficile de refaire le compte des dépenses en ciment et en sable, qui sont confondues dans les états de dépenses de l'entreprise avec celles d'autres travaux, mais il est facile de retrouver les dépenses afférentes à la main-d'œuvre.

Il résulte de la comptabilité de MM. Artigue, Sonderegger et C^{ie} que l'ouvrage en question a coûté pour la main-d'œuvre afférente à la fourniture des moellons et à la confection de la maçonnerie 50 francs par mètre cube, alors que les moellons étaient spontanément donnés à pied d'œuvre par les déblais extraits d'une tranchée de déviation du P. R. R. qui avait offert ainsi gratuitement un cube surabondant de moellons d'admirable qualité.

Dans ces conditions spéciales, uniques on pourrait dire, sans frais de trans-

port des matériaux, la main-d'œuvre de cette maçonnerie a coûté en réalité 50 francs, alors que la Commission n'a compté dans ses sous-détails pour les frais correspondants que 30 fr. 25 décomposés comme suit :

1 m. c. 10 de moellons à 15 francs.	Fr. 16 50
Main-d'œuvre de la maçonnerie.	12 25
Main-d'œuvre du mortier.	1 50
	<hr/>
Total.	Fr. 30 25

Si la Commission eût eu à faire le sous-détail de cet ouvrage, et étant admis que les moellons étaient fortuitement donnés à pied-d'œuvre par les travaux antérieurs et n'exigeaient ni minage ni extraction, elle n'eût certes pas diminué moins de 6 francs pour les moellons et eût établi son prix de revient probable à 24 francs, ce qui eût exactement correspondu à la moitié de la réalité.

On voit à quels écarts considérables peut conduire l'appréciation purement théorique des choses et combien il est dangereux d'opposer l'illusion d'un devis de cabinet aux témoignages effectifs des réalités d'exécution.

C'est ce qu'a fait la Commission, et elle l'avoue suffisamment quand elle dit, pour se défendre de l'accusation d'optimisme dont elle est menacée à ce sujet :

« D'ailleurs, toutes les personnes qui ont été appelées à justifier en détail des « prix de maçonneries brutes plus élevés que celui qui a été admis par la Com- « mission, celui de 100 francs notamment qui, d'après la tradition, repré- « sente pour beaucoup le minimum à prévoir, ont évalué les matières « premières à peu près comme cela a été fait dans cette note; seulement elles ont « majoré le total d'un chiffre global correspondant à la façon, aux faux frais, « aux frais généraux et bénéfiques, et laissant en fait pour ces deux derniers « articles une proportion de 65 à 90 0/0. C'est en réduisant uniformément ce « taux à 35 0/0 que la Commission s'est arrêtée aux prix indiqués. »

Ce passage est bien significatif. La Commission considère comme une « légende » la fixation à 100 francs du minimum de la valeur. Elle a fait erreur, ce prix est bien un minimum; elle a fait erreur également en attribuant aux frais généraux et bénéfiques la majoration de 65 à 90 0/0 dont elle parle : c'est aux faux frais, aux avaries, aux ciments perdus par l'humidité, au surdosage des mortiers en ciment, aux livraisons des cars de sable incomplets, au prix élevé du cassage des pierres, à la réparation des malfaçons, enfin à cet ensemble de frais incessants, de frais isthmiques, qu'il faut attribuer le coefficient précédent, lequel serait absurde et immoral s'il devait représenter des bénéfiques.

En réalité, le prix de revient effectif des maçonneries et du béton de ciment dans l'Isthme doit être évalué à 100 et 110 francs, sans compter aucuns frais généraux ou bénéfiques, ce qui, en faisant intervenir cet élément, porte leur valeur totale à 135 et 148 francs.

Voici d'ailleurs comment doivent en être établis les sous-détails pour tenir compte de tous les coefficients de la question :

Valeur du ciment.

Prix de la tonne sur bateau.	Fr.	40
Fret jusqu'à Colon.		40
Déchargement et emmagasinement à Colon.		8
Sortie du magasin et chargement sur wagon et expédition		3
Fret sur le Panama Railroad.		7
Déchargement et mise en magasin.		3
Transport à pied d'œuvre.		2
Accessoires, assurances, surestaries, etc.		2
		<hr/>
Total.	Fr.	105

Il faut compter que, par suite des avaries de route et de l'humidité de l'atmosphère, chaque tonne de ciment ne donnera comme matière utilisable que 90 0/0 environ de la quantité du départ et, pour avoir le prix d'une tonne au lieu d'emploi, il faut majorer le prix ci-dessus de 10 0/0. On obtient :

Prix d'une tonne de ciment : 115 fr. 50 cent.

Valeur du mortier.

Le prix du sable vendu par le Panama Railroad est de 19 francs, mais le transport au lieu d'emploi, le vent, la pluie, les déchargements et rechargements, les accidents en font perdre de très sérieuses quantités.

Il faut admettre que chaque mètre cube employé correspondra à 1 m. c. 1/4 payé au Panama Railroad.

D'autre part, si l'on veut être certain que le dosage fixé pour la teneur du mortier en ciment sera atteint constamment, on doit faire forcer la mesure réglementaire de 10 0/0 pour être sûr qu'aucun amaigrissement anormal de mortier n'aura lieu. Comptons enfin que 5 0/0 du mortier fait sera perdu ou

rejeté pour malfaçon, le prix du mortier employé sera par mètre cube le suivant :

Sable (1 m. c. 25 à 19 fr.)	Fr.	23 75
Ciment (450 kilogr. à 0 fr. 115,50).		51 97
10 0/0 en sus.		5 19
Façon.		10 »
Pertes pour malfaçons		4 50
Prix du mortier par mètre cube.	Fr.	<u>95 41</u>

Valeur de la maçonnerie de moellons (prix de revient).

Moellons (1 m. c. 10 à 25 fr.)	Fr.	27 50
Mortier (0 m. c. 500 à 95 fr. 40).		47 70
Main-d'œuvre et frais accessoires		25 »
Total.	Fr.	<u>100 20</u>

Valeur du béton (prix de revient).

Pierre cassée (0 m. c. 800 à 45 fr.)	Fr.	36 »
Mortier (0 m. c. 520 à 95 fr. 40).		49 60
Fabrication et emploi, damage et frais accessoires.		25 »
Total.	Fr.	<u>110 60</u>

Ce qui porte, en admettant 35 0/0 de frais généraux et bénéfiques, la valeur du mètre cube à

Maçonnerie.	Fr.	135 »
Béton.		148 50

Telles sont les évaluations, à mon avis nécessaires, de la valeur de ces importants éléments; elles sont environ doubles de celles adoptées par la Commission.

Quelque étonnante que paraisse une semblable divergence, il faut, pour s'en rendre compte, se souvenir que la Commission, pour ce genre de travail, a été portée à faire une estimation théorique d'un prix de revient idéal, qui serait celui d'un pays où les travaux s'exécuteraient avec la régularité qu'ils ont en

France, mais avec des matériaux plus chers. C'est l'ordre d'idées dans lequel on était lorsqu'on a évalué le prix futur du Canal à niveau, et cette fois-là, comme dans le cas qui nous occupe, on s'est trompé dans des proportions élevées.

En réalité, le prix des maçonneries évalué par la Commission doit être environ doublé pour représenter la vérité.

Nous ne reviendrons pas sur les évaluations faites relativement à la valeur des terrassements. Bien qu'elles ne coïncident pas dans certains détails avec nos propres appréciations, les prix qui en résultent et que cette fois la Commission a eu la sagesse de chercher à tirer de l'expérience acquise, et non d'une conception propre, théorique, correspondent, pris en masse, à la vérité.

ÉVALUATION TOTALE DU PROJET DE LA COMMISSION

Si nous admettons les prix des terrassements et si nous doublons les prix des maçonneries, pour évaluer, aussi exactement que possible, les dépenses qu'entraînerait ce projet, nous sommes amené à doubler le prix des ouvrages d'art, lesquels se composent presque exclusivement de maçonneries.

Cela nous conduit à prévoir pour les écluses, non pas 110 millions comme la Commission le veut, mais bien 220 millions : chiffre qui, étant données les dispositions de ces ouvrages, est à notre avis un extrême minimum. Cette modification nous amène également à évaluer à 106 millions au lieu de 53 les barrages.

Le prix de l'exécution des travaux serait, par ces deux additions, porté de 485 millions à 648 millions, auxquels il faudrait ajouter 20 0/0 de somme à valoir, plus 10 0/0 de frais, ce qui donnerait le tableau de dépenses suivant :

Travaux prévus	Fr. 648.000.000
Imprévus 20 0/0	129.600.000
	<hr/>
Total pour travaux proprement dits	777.600.000
Frais généraux 10 0/0	77.760.000
	<hr/>
Total général	Fr. 855.360.000

Cette nouvelle évaluation donne donc un total qui est de 217 millions supérieur à celui fixé par la Commission.

Elle représente, à notre avis, l'expression exacte et plutôt modérée du montant des dépenses qu'entraînerait le projet de la Commission, s'il venait à être réalisé.

Ce serait donc, en réalité, condamner toute idée de relèvement que de conclure à l'adoption d'un pareil projet. J'espère, après avoir terminé avec les projets présentés, pouvoir établir dans ce qui va suivre que l'on peut obtenir un Canal d'une valeur égale à celui de la Commission, certainement exécutable dans le temps prévu, alors que ce n'est pas certain avec ce dernier, et coûtant 300 millions de moins, c'est-à-dire réalisable pour 560 millions tout compris.

PROJET BONAPARTE WYSE

La discussion très détaillée à laquelle je viens de me livrer dispense d'entrer dans le détail de cette proposition et de la suivante.

Ces projets ont avec celui de la Commission le caractère commun d'alimenter le bief supérieur du massif central avec les eaux d'un lac formé par un barrage jeté en travers de la vallée, soit à San Pablo soit à Bohio.

M. Bonaparte Wyse, au lieu de mettre le barrage à San Pablo, le reporte plus bas à Bohio, et pour éviter une partie des difficultés qui ont fait reculer la Commission devant cet emplacement, il abaisse le niveau du lac. S'il diminue par conséquent les difficultés de construction du barrage, il augmente, et dans de fortes proportions, celles de la traversée du massif central et alourdit encore la charge déjà trop pesante qui en résulte pour le projet de la Commission.

La descente du lac au bief maritime se fait par une double échelle de Neptune.

Ce projet n'étant qu'une simple variante de celui arrêté par la Commission, il semble inutile de le sonder dans ses détails. La discussion déjà faite serait à répéter trait pour trait. La modification que propose l'auteur n'altère aucune des lignes générales du premier projet et ne fait par conséquent tomber aucune des objections capitales qu'il soulève.

PROJET SAUTEREAU

Le projet Sautereau ou plutôt les projets Sautereau, car l'auteur a donné plusieurs formes à ses propositions, appartient à la même famille que les deux précédents et ne s'en distingue que par le mode de descente du lac au niveau du bief maritime.

Au lieu d'une échelle d'écluses, M. Sautereau propose une écluse unique. Il ne diminue donc en rien les difficultés de construction, tout au contraire, il les

augmente en ajoutant à toutes celles déjà si graves que nous avons énumérées, l'obligation de construire une œuvre de Titan, dont l'amplitude même conduit à soulever de gros problèmes d'exécution.

Loin de soulager les charges de la construction, il les aggrave donc, mais cela donnerait-il au moins un profit appréciable de quelque sorte, compensant, pour l'exploitation, la charge supplémentaire qu'on fait porter à la construction ?

Le temps employé pour remplir ou vider une écluse de 25 ou de 30 mètres de chute s'exagère extraordinairement et réduit à presque rien le rendement de l'écluse en passages de navires.

En outre, la consommation d'eau étant proportionnelle à la chute de la plus grande écluse et un tracé comportant une écluse de 28 mètres consommant par suite trois fois, environ, plus d'eau que ceux où la chute est limitée à 11 mètres, il faudrait une véritable et complète révolution dans le régime des pluies et dans le débit des rivières de l'Isthme pour être certain que le canal proposé par M. Sautereau serait exploitable sûrement pendant la saison sèche avec un trafic de 6,000,000 de tonneaux.

On doit donc considérer que ce projet, s'il paraît attrayant aux yeux du monde, en raison de sa trompeuse unité, ne résiste pas au sommaire examen technique, et que loin de constituer une solution adaptée aux circonstances et à la réalité des faits, il manque essentiellement de ce caractère nécessaire au premier chef.

Il doit être relégué au rang des conceptions inspirées par la poésie du grandiose et le mirage décevant d'une simplicité imaginaire.

La discussion minutieuse et précise à laquelle il vient d'être procédé, a eu pour point de départ non pas un parti pris de critique et de controverse, elle a été uniquement inspirée par le devoir de mettre en relief avec autant de limpidité que possible les différents côtés du problème si complexe et si important que pose la question de Panama aux Ingénieurs français.

Évidemment, cette discussion serait stérile et mauvaise, si elle n'aboutissait point à une combinaison satisfaisante à tous les égards.

Si, à côté des solutions proposées par la Commission, par M. Bonaparte Wyse, par M. Sautereau, il était impossible d'en entrevoir une nouvelle plus complètement équilibrée, laissant moins de prise à l'aléa, il eût fallu se borner à mûrement peser les avantages et les inconvénients des unes et des autres, choisir celle qui présente le minimum de risques, quelque faible que puisse être sa supériorité à ce point de vue sur ses concurrentes et se mettre résolument à l'œuvre pour l'accomplir, s'il est possible.

Un peuple comme le nôtre ne doit, dans une semblable question, écouter uniquement que la voix de sa dignité et de son honneur, et elle lui crie aujourd'hui que tout doit être tenté, même l'impossible, pour achever une œuvre dans

les fondations de laquelle il a jeté son nom avec des masses d'or et de sang.

La question change de face, si pour arriver au but on peut indiquer un chemin relativement tranquille et sûr.

Si au lieu d'une tentative désespérée, il s'agit simplement de marcher d'un pas égal à un succès certain, combien plus facile est l'entreprise !

Or ce chemin assuré vers un succès acquis d'avance existe.

Dans la limite restreinte de temps imparti par la concession, on peut ouvrir la grande route universelle en se réservant des marges suffisantes pour assurer le succès, même si on se trouve à avoir à lutter avec la coalition de toutes les adversités techniques.

C'est cette voie dont je vais chercher à faire saisir le tracé.

L'AVENIR

LA VOIE A SUIVRE

QUESTION DE LA CULEBRA

Nous avons vu, et c'est un point sur lequel tout le monde est d'accord, que la question du passage de la Culebra, *passage dans le massif central*, domine complètement le délai d'exécution.

En plaçant le plafond de la cuvette à la cote 25.50, sous l'empire des doctrines que l'on sait relativement à l'alimentation, la Commission a engagé de ce fait un cube de 8,350,000 mètres (en supposant que les profils qu'elle a fixés satisfassent un terrain encore imparfaitement connu). La Commission disait le 8 mai 1890, c'est-à-dire il y a près de deux ans, en parlant de ce cube, qui peut être si facilement dépassé :

« *Il faudra environ sept années pour achever le travail de la Culebra, le délai restant à courir étant de huit années, on pourra donc arriver avant l'expiration de ce délai, mais il n'y aura pas de temps à perdre.* »

Aujourd'hui, la concession a été prorogée, mais le temps a couru aussi et on peut répéter la même chose : il n'y a pas de temps à perdre.

Tranchons le lien irrationnel qui a rendu solidaires la question du Chagres et celle du passage à travers la Culebra. Traitons à part chaque problème en faisant revivre le principe si sage, si juste, si absolument nécessaire de l'alimentation du bief central par des machines.

Admettons en principe, après la démonstration que nous avons développée plus haut, que l'alimentation du bief central n'est pas une question et ne

saurait peser, si légèrement que ce fût, sur la solution du problème de la tranchée du faite. Ceci admis, la question se pose comme suit :

Jusqu'à quelle profondeur est-il certain que l'on puisse pousser l'excavation de la tranchée centrale, dans l'espace de temps qui nous reste?

En présence d'une telle question, aucune personne familiarisée avec les travaux de l'Isthme n'hésitera à répondre qu'un passage à la cote 49, ce qui, avec un tirant d'eau de 9 mètres, fixe à la cote 40 le plafond, correspond à une complète certitude d'exécution en huit années, même si la nature des terrains profonds vient à exiger des adoucissements de talus considérables.

Je veux exprimer, en d'autres termes, qu'une tranchée ayant son plafond à la cote 40, si elle n'exige pas des inclinaisons de talus supérieures à 45°, pourra très vraisemblablement s'exécuter en cinq années et qu'il y aura par suite une marge de trois ans pour excaver les cubes supplémentaires dus à la mauvaise qualité éventuelle du terrain.

J'ajoute d'ailleurs, comme cela a déjà été une fois exprimé, que si la marge de temps réservée pour parer à l'imprévu n'est pas nécessaire par suite de la bonne tenue des terres, le délai supplémentaire imparti sera employé à creuser de 11 mètres plus bas le passage pour permettre de supprimer les deux écluses supérieures, chose si désirable à tant d'égards.

La philosophie de cette disposition réside en réalité dans la préoccupation inhérente aux dangers que peut présenter l'excavation à travers la Culebra dans un temps donné de huit années. Il s'agit de choisir une altitude de passage telle, que la marge supplémentaire de temps réservée soit largement suffisante pour réparer les accidents qu'il est logique et prudent de prévoir, étant donné que, si par bonheur ils ne se réalisent pas, la puissance d'extraction restée disponible sera appliquée à l'amélioration du passage, c'est-à-dire à l'approfondissement de la tranchée.

Il faut établir maintenant que la fixation du plafond à 40 mètres d'altitude correspond bien à ces différents *desiderata*.

La démonstration sera complète après ce qui vient d'être dit, si je puis bien montrer, qu'à cette cote, la tranchée de la Culebra doit, avec les talus normaux, s'exécuter en cinq années.

La Commission, se fondant avec raison sur le cube moyen réalisé en 1888, avait compté sur une excavation annuelle de 1,200,000 mètres cubes. Réduisons-la, pour plus de sécurité, à 1 million par an.

La tranchée à la cote 40 comporte 5 millions de mètres cubes et doit, avec ce coefficient de production, être facilement réalisée en cinq années.

Cette évaluation n'est pas optimiste.

On sait en effet que, en 1888, le cube exécuté à la Culebra représentait 148 p. 100 du cube de 1887. Sans même admettre la continuité de cette progression, il était légitime et justifié de prévoir une excavation de 1,500,000 mètres cubes en 1889, puis 1,700,000 et 1,800,000 les deux années

suyvantes ; ce qui eut permis de consacrer, à partir de fin 1888, non pas cinq années, mais seulement trois années à l'excavation des 5 millions de mètres cubes, correspondant à la tranchée, à la cote 40.

On voit donc que, sans faire même intervenir l'appoint considérable de l'entrée en ligne des dragages et en ne comptant que sur le développement normal des moyens de travail antérieurement employés, la fixation à cinq ans du délai nécessaire renferme une marge élevée de sécurité.

Pour bien faire saisir, de toutes les façons, que cette conception est en harmonie vraie avec la réalité des choses, reprenons la question non plus au point de vue du cube seul, mais au point de vue de la marche de l'approfondissement.

Nous avons vu que l'année 1887 avait été tout entière consacrée à lutter contre les immenses difficultés résultant de la nature ébouleuse et plastique des terrains supérieurs. C'est par la réduction de cette difficulté, qui jusqu'alors avait stérilisé tous les efforts, que, dans la seconde année, la Société d'entreprise de la Culebra a pu marcher sérieusement vers l'approfondissement. Nous avons vu que l'abaissement moyen de la ligne de dépression maximum a été de 9^m,40 pendant ces deux années. Bien que la moyenne annuelle de cette période soit cinq fois supérieure aux moyennes annuelles des périodes antérieures, elle ne donne pas encore la vérité sur la marche de l'approfondissement en 1888.

C'est certainement un minimum que d'évaluer aux deux tiers de la totalité, soit 6^m,26, la partie de l'abaissement qui est afférente aux travaux de 1888.

Ce chiffre aurait, comme le chiffre des cubes, continué à progresser, mais si nous admettons, pour l'avenir, qu'il reste stationnaire et égal à 6^m,26 par année, cela nous conduira, en cinq ans, à un abaissement total de 31^m,30, soit presque exactement la distance entre le fonds prévu à la cote 40,75 et le niveau moyen actuel du fond de la tranchée, lequel est à la cote 71,90 (voir le dessin annexé à la page 33).

Sans doute, ce calcul ne saurait prétendre à aucune précision mathématique ; il est intéressant toutefois, car il montre que, quel que soit le point de vue où l'on se place, masse des terrains excavés ou approfondissement, on a la notion précise qu'une période de cinq années répond au terme nécessaire et suffisant pour l'ouverture du passage à la cote 40, à travers la Culebra, s'il n'y a pas d'éboulements supplémentaires et cela, en se basant uniquement sur les résultats de la dernière année de travaux de la Société Artigue, Sonderegger et C^e.

Admettons comme acquis que le passage puisse être ouvert en cinq années et voyons maintenant si une réserve de trois années est suffisante pour parer aux accidents imprévus.

Il est convenable de noter d'abord que les adoucissements, s'ils deviennent nécessaires, ne le seront que d'un seul côté, car si la stratification des

couches tend à faire glisser un des talus, elle assure la stabilité de l'autre.

Dans ces conditions, la marge de trois millions de mètres cubes qui est réservée pour adoucir les talus de cette tranchée au delà de ceux qui correspondent au cube théorique de cinq millions, revient à consacrer, pour le supplément d'inclinaison éventuellement nécessaire, une puissance d'extraction qui permettrait de donner à ce talus une inclinaison comprise entre 2 et 3 de base pour 1 de hauteur dans toute la longueur.

Si l'on réfléchit que les terrains profonds, décapés actuellement, jouissent de bonnes qualités, qu'on peut espérer les voir tenir sans adoucissement, et cela à tel point que la Commission a cru pouvoir baser son projet sur une tranchée de 15 mètres plus profonde que celle considérée et n'en comportant aucun, on comprendra combien la marge de sécurité que nous admettons est large.

A moins de tomber dans l'excès de crainte, on ne saurait aller plus loin et l'on peut dire qu'un passage ayant son plafond à la cote 40, jouit de la triple qualité indispensable : 1° d'être certainement exécutable en moins de temps que le délai prévu; 2° de laisser, quant aux délais terminaux d'exécution, une marge qui permet de lutter contre tous les accidents; 3° de rester susceptible d'une amélioration considérable si les dangers éventuels ne se réalisent pas, et cela par la transformation, en approfondissements, de la puissance extractive qui aura été réservée en prévision des éboulements.

Nous fixerons donc à 40 mètres la cote du fond des excavations du massif central et nous limiterons le bief supérieur, aux points qui ont été choisis par la Compagnie, à deux écluses de 11 mètres, points kilométriques 50.500 et 55.700.

Comme nous l'avons dit, si la nature des terrains rencontrés rend inutile l'emploi à des adoucissements de la force d'excavation réservée, ou si, ce qui aboutirait au même résultat, la puissance de travail annuel est supérieure au chiffre que nous avons admis, on supprimera ces deux écluses, c'est-à-dire qu'on ne les réalisera pas et, en place, on approfondira de 11 mètres le bief supérieur pour le confondre avec les deux biefs latéraux qui lui font suite.

Il s'agit tout simplement de reprendre cette marche méthodique et expérimentale, qui est la véritable solution de ce difficile problème et qui avait été adoptée par l'ancienne Compagnie.

En dehors de cette solution qui, sans rien compromettre, pare à toutes les éventualités, on est certain de ne rencontrer que hasards et circonstances fortuites, qui pourraient faire aboutir à un nouveau désastre.

Pour triompher des accidents, en un pays aussi difficile, il faut avoir soigneusement pris d'avance ses mesures afin de circonscrire leurs effets et d'amorlir leur choc.

Mais cette solution, je le répète, n'est possible qu'à la seule condition d'admettre l'alimentation artificielle que j'ai été amené à recommander dès le début, comme la solution vraiment économique et industrielle de la question.

Le premier bief ayant ses eaux à la cote 49, le deuxième à la cote 38, la descente dans le troisième bief du côté de l'Atlantique s'effectuera au point adopté pour l'écluse qui y est nécessaire dans le cerro de la Corrosita : aucun autre point ne permet de choisir un emplacement à la fois mieux approprié, tant au regard du bief, qu'à celui de l'écluse qui le limite, et des terrains dans lesquels elle se loge.

Jusqu'ici, les dispositions que je développe comme tout à fait appropriées aux conditions naturelles du problème, sont identiques à celles qui ont été choisies par l'ancienne Compagnie.

Il en est de même sur tout le versant Pacifique, à propos duquel il n'y a pas, à proprement parler, de question : la Commission a adopté, presque sans modification, les emplacements et les chutes prévues par l'ancienne Compagnie, ce qui comporte une justification suffisante de l'ensemble de ces dispositions.

QUESTION DU CHAGRES

Au contraire, à partir de l'écluse de la Corrosita, les plans que je vais proposer sont différents de ceux de la Compagnie et, bien que ne modifiant presque pas les dispositions des travaux, ils réalisent des avantages considérables sur le projet ancien par la rapide et complète solution de la question du Chagres.

La Compagnie avait, on le sait, projeté une écluse de 8 mètres à Peña Blanca, près de Bohio, une autre à San Pablo, également de 8 mètres, une troisième à Matachin, de 11 mètres.

Deux barrages transversaux avaient été projetés, l'un à San Pablo, tendant les eaux de toute la vallée à la cote 16, l'autre à Matachin, les tendant à la cote 27 jusqu'au pied de l'écluse de la Corrosita.

Depuis Matachin jusqu'à l'Atlantique, le Chagres devait couler dans une dérivation complètement séparée du Canal et située sur sa rive gauche, c'est-à-dire du côté opposé au débouché naturel du Chagres dans l'Atlantique.

Comme chacun le sait, les calculs hydrauliques sont d'une nature peu précise, mais quoi qu'il en soit, les travaux qu'ils déterminaient, pour une dérivation devant écouler une crue de 1,200 mètres à la seconde, apparaissaient déjà comme très considérables et exigeaient la construction de digues, car il eût été trop dispendieux d'effectuer tout de suite une dérivation qui écoulât les eaux des grandes crues sans dépasser nulle part le niveau naturel des rives.

On a beaucoup critiqué les travaux projetés et prétendu les digues impossibles : c'est à la fois vrai et faux, cela dépend entièrement de leur constitution.

Des digues faites avec des remblais au wagon et à sec me paraissent, en effet, dépourvues de sécurité, quelle que puisse être leur largeur.

Au contraire, des digues faites avec des déblais dragués, puis transportés et déposés à l'aide de l'eau, des digues ayant une trentaine de mètres d'épaisseur, sans avoir plus de 3 mètres d'eau à soutenir, sont dignes de toute confiance, même si elles venaient accidentellement à être surmontées légèrement, à condition, toutefois, que pareil accident n'arrivât que deux ou trois ans après leur constitution définitive. Une végétation d'une épaisseur invraisemblable se développe en effet avec une grande rapidité sur de tels dépôts et constitue une garantie de solidité très élevée et un gage sérieux de résistance aux affouillements.

Les digues prévues par la Compagnie devaient être constituées dans ces conditions, n'avoir en régime courant qu'une faible hauteur d'eau à supporter, sauf en des points particuliers, comme aux traversées du Chagres, où des ouvrages spéciaux étaient prévus, avec toutes les conditions de sécurité requises.

Dans ces conditions, l'équilibre général se trouvait assuré d'une façon assez satisfaisante au point de vue de la solidité des ouvrages, mais la masse elle-même des excavations à faire restait considérable, même pour une dérivation n'emportant à la mer que 1,200 mètres cubes par seconde, chiffre évidemment inférieur au maximum qu'il est possible et logique de prévoir.

En limitant ainsi le projet de dérivation, il restait près de 20 millions de mètres cubes à enlever, sans compter les digues latérales ordinaires et les barrages à travers l'ancien lit du Chagres.

C'était évidemment un bien gros effort à faire ; aussi avait-on résolu de limiter la dérivation à la section correspondant à un débit de 400 mètres, ce qui devait entraîner des communications assez fréquentes entre la dérivation et le Canal par l'organe des déversoirs.

L'élargissement et l'approfondissement des dérivations, ultérieurement, au fur et à mesure des possibilités et parallèlement à l'exploitation : tel était le programme de la Compagnie. Tout en le reconnaissant rationnel, il faut cependant admettre qu'il ne présentait pas une solution définitive et complète de cette grosse question pour le jour de l'ouverture de l'exploitation ; il se contentait de créer une situation assez convenable pour le début et progressivement améliorable, mais pouvant gêner toutefois assez souvent la navigation au cours de la période de perfectionnement.

Il entraînait malgré tout des frais élevés pour la dérivation même la plus modeste et des travaux qui ne manquaient pas d'une certaine difficulté.

La solution que nous allons présenter a pour but de parer aux inconvénients du projet de la Compagnie et de donner à la question du Chagres sans grands frais, sans ouvrages coûteux et aléatoires, une solution aussi satisfaisante que celle que comporte, à ce point de vue, le projet de la Commission à l'amont de

Bohio et par contre dégagée de toutes les objections qu'elle justifie à l'aval.

Nous proposons de supprimer l'écluse et le barrage figurant à San Pablo au projet de la Compagnie et de reporter le même ensemble à Bohio.

L'importance du barrage est à peu de chose près la même à l'un et à l'autre de ces deux points; quant à la butte de Bohio Soldado, elle a comme emplacement d'écluse une valeur égale à celui choisi originellement à San Pablo.

On ne modifie donc pas sensiblement l'importance des travaux d'écluse et de barrage par ce transport d'ensemble mais d'un autre côté on acquiert gratuitement les avantages considérables suivants :

1° On supprime tous travaux importants entre Bohio et San Pablo.

2° On crée, entre ces deux points, un lac d'une superficie de 1,000 hectares dans lequel viennent s'épandre librement les eaux du Chagres, où elles perdent tous courants sensibles et l'on résout ainsi intégralement la question du fleuve dans cet intervalle.

3° Cette transformation du Chagres en un lac crée une conséquence extrêmement importante, c'est de pouvoir écouler vers l'aval les eaux qui s'y rendent, soit à droite, soit à gauche de l'axe du Canal.

Il est clair que le Chagres, étant devenu lac après être entré rivière, il n'y a plus aucune raison qui oblige à écouler ses eaux plutôt d'un côté du Canal que de l'autre.

Or, si l'on jette un regard sur la carte du Chagres entre Bohio et la mer on voit que, en ouvrant une dérivation à large section sur 7 kilomètres entre les kilomètres 22 et 15 du Canal, on atteint un point à partir duquel le Chagres reste constamment à droite du Canal jusqu'à la mer sauf à l'intersection de Gatun, mais où une dérivation est déjà ouverte.

En ouvrant par suite cette dérivation du kilomètre 22 au kilomètre 15 et en complétant la dérivation dite du Trinidad qui remplace la boucle de Gatun, mais à droite du Canal, on a, pour écouler les crues du Chagres, le Chagres lui-même, mais un Chagres perfectionné et amélioré, puisque la distance de Peña Blanca à la mer, par cette nouvelle route, sera de 35 kilomètres tandis qu'elle était de 48 par son ancien lit.

Il convient de remarquer que l'emploi du lit du Chagres pour convoier ses eaux est particulièrement précieux parce que ce lit comporte à la fois un canal d'écoulement et des digues contre les déversements latéraux comme nous l'avons développé dans la première partie de cette étude.

Si l'on réfléchit à l'effet nécessairement régulateur dans une certaine mesure que ne peut manquer d'avoir même un lac d'un millier d'hectares sur le débit des crues, si l'on réfléchit d'autre part que la distance à parcourir par les eaux jusqu'à la mer se réduit dans la proportion de 48 à 35, on voit qu'avec cette transformation la vitesse et la capacité d'écoulement s'accroîtront notablement pendant que diminuera le débit des crues.

Pour une même surélévation de l'eau à Bohio les vitesses avant et après

l'établissement du raccourci seront dans le rapport inverse des racines carrées des longueurs. Vitesse nouvelle : vitesse ancienne = $\sqrt{\frac{48}{35}} = 1,17$.

Autrement dit une crue de 1,600 mètres s'écoulera sans produire plus de gonflement des eaux que n'en produit aujourd'hui une crue de 1,360 mètres cubes.

Il est donc bien évident, sans avoir recours à des calculs d'hydraulique toujours incertains, qu'en employant, pour écouler les crues, le Chagres lui-même, amélioré dans ces proportions, et en n'y versant que des crues atténuées, on aura doublement résolu le problème de la dérivation des eaux dans la basse vallée du Chagres. Pour cette solution, il faut créer dans la dérivation un lit identique à celui que le Chagres possède lui-même, mais grâce à la faible longueur de 7 kilomètres qu'il s'agit de creuser la dépense est beaucoup moins importante que s'il s'agissait de l'autre côté de creuser sur les 22 kilomètres un canal de dérivation même écoulant beaucoup moins d'eau.

Ce qui, jusqu'à présent, avait empêché d'utiliser la magnifique et exceptionnelle artère des crues que représente le Chagres sur la rive droite du Canal, résidait dans l'impossibilité de faire franchir ce Canal par le Chagres dont la source et l'embouchure sont situés de part et d'autre de la voie navigable.

En confondant les eaux du Chagres et du Canal dans un véritable lac entre San Pablo et Bohio, grâce à la disposition favorable, exceptionnelle, que présente le terrain pour une création de cette nature on peut, sans le plus léger inconvénient pour la navigation, reprendre à droite l'eau qui est arrivée par la gauche 10 kilomètres plus haut et on résout de la sorte le problème de la traversée du Canal par le Chagres.

L'écoulement du Chagres en dehors du lac se fera par une rigole déversoir de 300 mètres de largeur taillée à travers une dépression dont le terrain naturel est à la cote 33 et qui est située sur la droite du Canal à environ 900 mètres de l'axe et au droit du kilomètre 24.700.

La ligne d'appel des eaux au déversoir est très éloignée du Canal et les débits les plus considérables se répartissent sur un si large éventail qu'aucun courant transversal, de nature à gêner la navigation, n'est à craindre sur l'axe du Canal.

Les navires ne seront point d'ailleurs enfermés dans une étroite cuvette et pourront dans ces parages librement évoluer.

La disposition d'écluses à laquelle correspond cette solution est la suivante :

On continuera l'écluse de 8 mètres prévue au projet de la Compagnie à Peña Blanca.

On construira une écluse de 11 mètres dans la butte même de Bohio laissant entre les ouvrages de têtes un bief d'environ 1,300 mètres.

A la surface d'eau comprise entre les deux écluses viendra s'ajouter la surface de l'eau maintenue dans le bras mort du Chagres qui sera compris entre

le grand barrage formant le lac et le petit barrage coupant la rivière à l'aval de la traversée du Canal.

Le barrage sera susceptible d'opérer une retenue d'eau plus élevée de 2^m,50 que celle prévue au même endroit par la Commission. Les eaux du lac pourront osciller entre les cotes 16 et 19.

L'emmagasinement des eaux jusqu'à cette dernière cote permet de constituer une réserve de 33 millions de mètres cubes, en vue de l'alimentation du bief central, pour le cas d'une année exceptionnellement sèche, précaution d'ailleurs probablement bien superflue, car la dépense en eau est inférieure à la moitié du débit de plus bas étiage.

Des vannes mobiles, fermant les pertuis du déversoir pourront soit emmagasiner, soit laisser écouler les crues.

Il est presque inutile d'insister sur la construction du barrage qui diffère d'une façon insignifiante de celui dont la Commission avait proclamé la facilité au point de juger inutile de fournir aucun dessin à son sujet.

Le barrage que nous prévoyons devant soutenir 19 mètres d'eau d'un côté et recevoir une pression de 8 mètres de l'autre, peut être considéré comme aussi facile, sinon plus facile que le barrage de la Commission qui avait à supporter une hauteur d'eau de 16^m,50, sans contre-pression à l'aval.

Ne partageant pas l'optimisme de la Commission sur la réalisation des barrages, nous considérons encore celui-ci, malgré sa simplicité relative, comme un des plus délicats travaux du programme d'achèvement.

Ce barrage doit être construit suivant le système prévu par la Commission à San Pablo, c'est-à-dire qu'il consistera d'abord en un barrage en maçonnerie qui, aussitôt sa construction effectuée et le courant de la rivière coupé, servira pour ainsi dire d'organe de construction pour le barrage définitif qui doit être fait avec des terres enlevées par les dragues dans le Canal et déposées à cet endroit à l'aide de l'eau.

Mais ce n'est pas à un mesquin dépôt de quelques centaines de milliers de mètres cubes qu'il faut confier le soin de barrer définitivement la vallée, c'est à l'aide de plusieurs millions de mètres cubes déposés sur des centaines de mètres à l'amont et à l'aval du barrage de maçonnerie, que sera endiguée définitivement la rivière dans des conditions de sécurité absolue.

Si l'on réfléchit que nous n'avons à envisager pour le plan d'eau créé, qu'un relief de 17 mètres au-dessus du fond de la vallée et qu'une différence de pression entre les deux faces de la digue égale à 11 mètres d'eau, on voit que l'ouvrage de Bohio représentera à peu près une hauteur et une pression environ moitié plus faibles que celles afférentes à l'ouvrage projeté à San Pablo par la Commission.

La masse, ainsi que les dangers et les difficultés de construction et de conservation étant, dans de semblables ouvrages, un peu moins que dans la proportion du carré des dimensions, on peut dire que, toutes choses égales d'ailleurs,

les risques que nous assumons représentent environ le tiers de ceux entraînés par l'ouvrage qui avait été prévu à San Pablo, sans compter que celui-là n'eût pas économisé un barrage à Bohio dans des conditions plutôt un peu plus difficiles que celles où nous sommes placés.

Aussi, n'y a-t-il plus, pour un pareil ouvrage, une simple espérance de réalisation, il y a certitude complète, car il existe une harmonie véritable entre les efforts que l'on peut développer dans l'Isthme et le but que l'on se propose, en ce cas, d'atteindre.

Mais, je n'hésite pas à le dire, un tel ouvrage est déjà difficile et il ne faudrait pas aller beaucoup plus loin, pour toucher aux limites des possibilités pratiques et certaines.

Après avoir déterminé les organes principaux de l'aménagement du Chagres de San Pablo jusqu'à la mer, il nous reste à montrer comment nous concevons le traitement qu'il est appelé à recevoir, depuis Matachin jusqu'à San Pablo.

Dans cette partie, la vallée du Chagres est trop étroite pour que le gonflement des eaux, jusqu'à la cote 19, permette de l'assimiler à un lac, comme dans la région s'étendant entre San Pablo et Bohio.

Ici, les eaux tendues à la cote 19, ne couvrent pas une superficie considérable en largeur, elles remplissent, un peu plus que d'ordinaire, une vallée sinueuse et étroite.

Il est donc impossible de laisser les eaux du Chagres suivre le fil de leur cours habituel, et tracer simplement un Canal à une voie, coupant successivement la rivière, puis les contreforts qui en déterminent le cours capricieux.

Une première solution se présente à l'esprit, c'est de conserver dans cette partie le plan de la Compagnie, et de creuser une dérivation latérale, séparée du Canal et venant jeter ses eaux dans le lac immédiatement à l'aval de San Pablo.

Cette solution entraînera la création d'ouvrages relativement coûteux et considérables et l'érection d'un nouveau barrage à travers le Chagres à Gamboa, pour rejeter l'eau dans sa dérivation.

Je me suis demandé, étant donné que ces travaux accessoires sont indispensables pour rendre le Canal transitable lors des crues, s'il ne serait pas préférable de faire profiter en tout temps, la voie navigable elle-même, de l'argent que l'on dépensera pour la protéger contre des incidents assez rares.

J'ai été ainsi amené à penser que la meilleure solution consisterait à créer, de Gamboa-Matachin jusqu'à San Pablo, pour le Chagres, un nouveau lit, ayant 60 mètres de largeur au plafond, le même axe que le canal de navigation et un fond régulièrement arasé à la cote 8.

Ce Canal élargi, recevant les eaux du fleuve dans un lit ayant une section transversale de 70 mètres de largeur moyenne et de 11 mètres de profondeur,

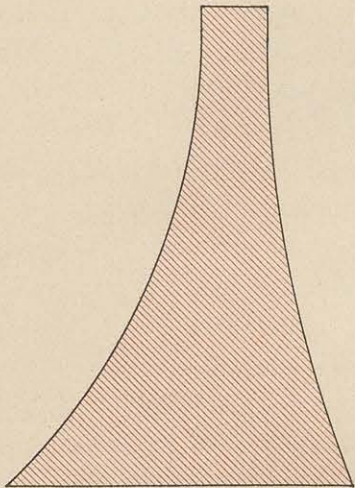
CANAL INTEROCÉANIQUE DE PANAMA

COMPARAISON entre les PROFILS THÉORIQUES
des OUVRAGES SIMILAIRES prévus au PROJET de la
COMMISSION D'ÉTUDES et au PROJET PROPOSÉ

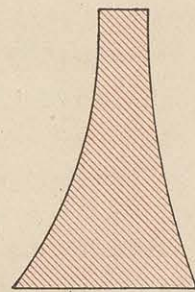
BARRAGE

Échelle $\frac{1}{500}$ (0^m002 par mètre)

Projet de la Commission d'Études
(San Pablo)



Projet proposé
(Bohio-Soldado)

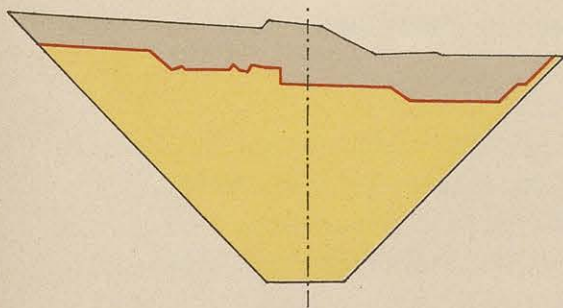


TRANCHÉE DE LA CULEBRA

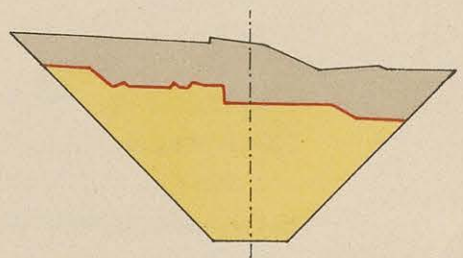
PROFILS EN TRAVERS AU POINT CULMINANT DU PROFIL EN LONG INITIAL

Échelle $\frac{1}{8.000}$ (0^m0005 par mètre)



Projet de la Commission d'Études



Projet proposé



LÉGENDE

-  Cube exécuté en 2 années par la Société Artigue, Sonderegger et C^{ie}.
-  Cube restant à exécuter.

Nota. — Il n'est pas sans intérêt de matérialiser aux yeux du lecteur la différence entre la grandeur des ouvrages qu'entraîne le projet de la Commission et la grandeur de ceux qui correspondent au projet développé dans le cours de ce volume.

En particulier la juxtaposition des profils des barrages montre bien que le projet de la Commission exige, pour ses retenues d'eau, des masses de maçonnerie environ 3 fois plus grandes que le projet proposé et que, par suite, si l'on imagine une même dépense annuelle d'efforts, d'activité et d'argent, dans la réalisation des deux projets, celui que nous proposons demandera 4 années alors que celui de la Commission d'études en exigera 12.

La comparaison des profils en un même point de la tranchée de la Culebra éveille des idées de même ordre. — En regardant le profil correspondant au projet proposé, on apprécie spontanément qu'il y a harmonie entre ce qui est déjà exécuté et ce qui reste à faire, tandis que le profil correspondant au projet de la Commission est en réalité décourageant.

soit près de 800 mètres carrés de section d'écoulement, fournira aux navires, en tous temps, un magnifique chemin navigable.

Les courants appelés à s'y développer en cas de crues, ne pourront gêner la navigation, en raison de l'espace considérable dans lequel pourront évoluer les navires, et de la quantité d'eau qu'ils auront constamment sous la quille.

On se rappelle, que la Commission avait admis, entre Bohio et Colon, la libre circulation du Chagres dans le Canal; le principe est le même, mais nous n'avons plus ici les deux objections capitales qui s'élevaient alors : d'une part, l'étroitesse et la faible profondeur du Canal à une voie, d'autre part, le débouché constant du fleuve avec ses apports dans le bassin de Colon.

Ces deux objections sont ici complètement levées. Le Canal, surélargi et approfondi, rend la navigation compatible avec les courants des plus grandes crues.

D'autre part, le Chagres débouche dans un vaste lac où il peut lancer à volonté ses apports, sans entraîner de dépenses d'entretien, sauf pour ceux qui sont appelés à se déposer dans le Canal lui-même : ce qui se réduit à peu de choses, car il ne faut pas oublier que le Chagres, récemment sorti de son bassin supérieur, est peu chargé de matières solides.

Les grandes crues moyennes d'hiver, débitant 800 mètres cubes, donneront un courant de deux nœuds, la crue ordinaire de l'hivernage donnera un courant d'un nœud, et seule la grande crue exceptionnelle qui apparaît tous les quatre ou cinq ans et disparaît comme un flot rapide, la grande crue de seize cents mètres cubes à la seconde déterminera un courant de quatre nœuds.

La compensation de la légère perturbation résultant, à de longs intervalles et pendant de très courts moments, de la présence de ces courants, sera amplement obtenue par l'existence, pendant tout le reste de l'année, d'un Canal à large section et à grande profondeur, où les navires pourront constamment se croiser.

ALIMENTATION DU BIEF SUPÉRIEUR

Il nous reste, pour terminer cette esquisse générale du nouveau projet, à éclairer la question de l'alimentation artificielle et la fixation de la quantité d'eau nécessaire au bief supérieur de la voie navigable.

Nous devons reprendre ici le chiffre de 24^{mc},500 par seconde calculé par la Commission, et au sujet duquel nous avons fait une protestation anticipée.

Nous allons suivre le calcul de la Commission en le modifiant comme il résulte des dispositions nouvelles.

Partons comme elle d'un transit de 7,750,000 tonnes. Si nous nous rappo-

lons que chaque bateau correspond à 1,853 tonnes, le nombre des navires ayant pénétré dans le bief central sera égal à $\frac{7,250,000}{1,853}$ ou 3,912, ce qui réparti sur 320 jours, donne une moyenne par jour de treize arrivées de navires dans le bief central.

D'après la méthode d'exploitation de la Commission, chaque entrée de navire et chaque sortie entraîne la consommation d'une écluse complète.

Avec le système dont j'ai tracé le plan au cours de cette étude, une seule écluse correspond à l'entrée et à la sortie d'un navire.

Par suite, le volume d'une écluse étant de 47,500 mètres cubes, pour un même nombre 13 de navires venant journellement dans le bief central, la Commission calcule 1,229,800 mètres cubes par jour, alors que la moitié, 614,900 mètres cubes seulement, sont nécessaires avec la formule d'exploitation convenable.

Pour un même transit, la Commission a besoin d'un débit de $14^{\text{m}^3},2$ par seconde et nous simplement de $7^{\text{m}^3},1$.

Pour les portes, la Commission compte une perte de $1^{\text{m}^3},500$ par seconde et par porte, ce qui est peut-être justifié avec le type qu'elle a adopté mais est absolument exagéré avec le type adopté par l'ancienne Compagnie.

Admettons toutefois ce coefficient pour rester dans une sécurité absolue.

La Commission a de chaque côté du bief central deux écluses et par suite deux portes, elle compte donc pour ce chapitre :

$$1^{\text{m}^3},500 \times 4 = 6 \text{ mètres cubes par seconde,}$$

alors que nous n'avons à compter que pour deux portes puisque nous avons seulement une écluse de chaque côté, soit :

$$1^{\text{m}^3},500 \times 2 = 3 \text{ mètres cubes par seconde,}$$

La Commission compte sur son lac une évaporation de 6 millimètres par vingt-quatre heures sur 3,000 hectares,

$$\text{soit } 2^{\text{m}^3},100 \text{ par seconde.}$$

Nous n'avons pas à tenir compte de cet élément, car le bief central n'a pas plus d'une quarantaine d'hectares dans notre projet.

Nous n'avons jusqu'à présent que $10^{\text{m}^3},1$, par seconde, à dépenser, alors que la Commission atteint déjà $22^{\text{m}^3},3$.

Si nous ajoutons comme elle 10 % de l'ensemble de dépenses précédentes pour les pertes résultant de fausses manœuvres, échouages, accidents, nous arrivons à une dépense journalière de $11^{\text{m}^3},1$, au lieu de $24^{\text{m}^3},5$, annoncés par la Commission et résultant des dispositions qu'elle a adoptées.

On voit par cette faible consommation de quelle sécurité jouit l'alimentation du Canal avec le projet que nous avons développé, car la Commission a reconnu que pendant six ans le débit du Chagres n'était pas descendu au-dessous de 27 mètres cubes par seconde, sauf cependant en 1883, où il serait allé jusqu'à 15 mètres cubes, chiffre qui est considéré d'ailleurs par elle comme une erreur du service hydrologique installé à Gamboa.

Quant à la puissance mécanique nécessaire pour élever ce cube d'eau à la cote 49, il suffit de dire qu'elle correspond à un travail effectif théorique de 4,440 chevaux.

Sans insister davantage, on voit combien se réduisent les données que nous avons dû envisager au début dans la discussion du projet de la Commission. Même en admettant ses chiffres, afin d'enlever au lecteur le plus fugitif soupçon de parti pris, nous avons établi que la force mécanique était parfaitement admissible ; en serrant de près la question, nous en diminuons encore et dans de fortes proportions l'importance.

Tels sont et le dispositif général et les éléments particuliers du nouveau projet de Canal à écluses.

On voit que constituant une très légère modification du projet mis en cours d'exécution par la Compagnie, sans rendre inutile aucune préparation déjà faite, il possède sur ce projet des avantages très importants.

Sans s'attarder sur ce côté relatif, et pour ne parler que des avantages absolus qui lui sont propres, on voit :

1° Qu'il résout entièrement la question du Chagres, de Gamboa à la mer, dans toute la longueur de la vallée.

2° Qu'il permet d'aborder la tranchée de la Culebra avec la certitude d'aboutir à un passage convenable dans le temps requis.

3° Qu'il permet de réserver aux écluses les emplacements absolument favorables pour leur construction solide et économique.

4° Qu'il n'exige aucun barrage élevé.

5° Qu'il réduit les expropriations et les déviations du Panama Railroad.

6° Qu'il comporte toujours, malgré ses importantes simplifications, le caractère que la Compagnie du Canal a voulu donner à son tracé provisoire à écluses, d'être une étape vers le Canal à niveau : il suffira de draguer la dérivation du Chagres sur la rive gauche du Canal, avant de procéder à aucun abaissement et l'on pourra ensuite abaisser successivement et graduellement le niveau du Canal en excavant la tranchée qui le contient.

7° Il utilise tous les travaux et toutes les préparations faits.

8° Il comporte la subdivision des travaux en deux étapes, dont la première peut entraîner le succès financier de la seconde en effaçant toute préoccupation relative aux problèmes du Chagres et de la Culebra et en permettant l'inauguration des 3/5^{es} du Canal.

Ce projet répond donc seul en réalité à cette question qui est le problème de Panama aujourd'hui :

Créer un Canal susceptible de supporter un trafic de 6 à 7 millions de tonnes, dont le transit sera soustrait aux inconvénients du Chagres, qui n'exigera aucun travail hors de proportion avec la pratique acquise des constructions dans l'Isthme et dont l'exécution des parties les plus difficiles sera assurée par une marge considérable de sécurité.

J'ai exprimé la solution que je propose à ce problème. Si les quatre années que j'ai passées dans l'Isthme, consacré corps et âme à l'œuvre du Canal Intérocéanique, me donnent quelque droit de formuler ma conviction, je dirai qu'en exécutant un canal sous une forme simple et pratique telle que celle que j'ai décrite, en laissant de côté tout projet où l'on rencontre une tranchée profonde ou un haut barrage, surtout si l'auteur en surmonte les difficultés futures par des procédés de construction plus ou moins chimériques, on arrivera sûrement, non pas sans encore verser beaucoup de sang et d'argent, mais on arrivera dans le temps limité qui reste et avec une somme qu'on peut fixer d'avance avec certitude.

Et l'honneur et l'argent de la France seront sauvés.

M. Thiers disait après nos désastres de 1870 :

Le gouvernement de la France appartiendra à celui qui saura agir le plus sagement.

On pourrait dire aujourd'hui :

La solution du problème de Panama appartiendra à celui qui saura la concevoir le plus simplement.

Je crois avoir fait faire un pas à la question dans cette voie.

ÉVALUATION DES DÉPENSES TOTALES

Le procédé employé pour l'évaluation des dépenses appelées à résulter de l'exécution du projet que je viens de décrire dans ses lignes principales diffère légèrement de celui adopté par la Commission.

Celle-ci avait, on se le rappelle, fixé la valeur de chaque unité de mesure suivant son appréciation des différentes conditions de travail, puis elle avait majoré le résultat total obtenu de 20 0/0, pour tenir compte des imprévus et de 10 0/0 en plus pour tenir compte des frais généraux.

Nous avons préféré majorer tout de suite les prix unitaires du quantum afférent à l'appréciation que nous avons été amené à faire de la dose d'imprévu qui les grève ainsi que de la portion de frais généraux qui leur est relatif.

Par suite, dans ce qui va suivre, les prix énoncés comportent en eux-mêmes la plus-value nécessaire à couvrir tous les imprévus résultant de difficultés et de cubes supplémentaires et tous les frais généraux d'exécution.

Le nombre total de mètres cubes à excaver dans les différentes parties du Canal, supposé à 8 écluses, et de ses œuvres annexes, se monte au chiffre total de 42 millions, précisément égal à celui résultant du projet de la Commission.

Le montant total de la dépense résultant des prix unitaires que j'ai fixés est de 344 millions. Le montant total résultant des prévisions de la Commission est, pour la même masse de travaux, égale à 383 millions.

Il en résulte que l'estimation moyenne de la dépense, par unité de mesure des terrassements est, d'après le sentiment de la Commission, de 11 0/0 supérieure à l'estimation qui résulte de mon expérience personnelle.

On peut inférer de là que les objections formulées dans une autre partie de ce travail contre les prix des maçonneries adoptés par la Commission n'ont pas pour origine une tendance exagérée à prévoir des dépenses fortes.

Je suis convaincu qu'il convient d'être très large dans l'appréciation des dépenses à faire si l'on ne veut pas, comme la première fois, aboutir à un échec, et j'ai la persuasion que les prix que j'ai fixés couvrent toutes les dépenses prévues et leurs accessoires, mais sous la condition, bien entendu, que l'exécution soit dirigée avec une parfaite précision et la complète expérience des choses du pays.

Toutefois, et avant de quitter ce côté de la question, je tiens, pour éviter toute fausse interprétation de ma pensée, à dire que si je suis à peu près d'accord avec la Commission, quant aux résultats globaux, cela ne veut pas dire que je la suive dans la décomposition des divers éléments de ces prix. Notamment, il ne faudrait pas déduire des prix unitaires d'abord 1/11^e pour les frais généraux, puis 1/6^e pour enlever la part de l'imprévu, et penser que le résidu représente, à mon sentiment, le prix de l'exécution.

Je n'ai pas eu d'autre but que de fixer à combien, suivant l'expérience que j'ai pu acquérir, on pouvait fixer le coût global complet de la totalité de l'exécution et de le répartir proportionnellement sur chaque unité de mesure du projet théorique formulé.

C'est en vue de ces résultats qu'ont été dirigées mes appréciations, il ne faut donc les comparer qu'au résultat global du projet de la Commission et non à ses décompositions élémentaires.

Ceci posé, il convient de formuler dans le tableau suivant, la répartition des dépenses globales, en supposant atteint le desideratum de la suppression des deux écluses supérieures.

KILOMÉTRAGE		NOMBRE de MÈTRES CUBES à excaver.	PRIX PAR M ³ COMPRENANT accessoires, im- prévus et frais généraux.	DÉPENSES par SECTION.	DÉPENSES TOTALES par groupe de travaux.
DU KIL.	AU KIL.				
EXCAVATION DU CORPS DU CANAL					
K. 0.000	K. 22.000	6.500.000	Fr. 5.00	Fr. 32.500.000	
22.000	45.000	5.500.000	9.00	49.500.000	
45.000	53.600	6.000.000	11.00	66.000.000	
53.600	55.456	6.500.000	12.00	78.000.000	
55.456	62.000	1.660.000	10.00	16.600.000	
62.000	75.000	7.350.000	6.00	44.400.000	Fr. 286.700.000
EXCAVATIONS ANNEXES					
Garages		2.000.000	10.00	20.000.000	
Dérivation du Chagres. }		6.000.000	5.00	30.000.000	
		800.000	9.00	7.200.000	Fr. 57.200.000
OUVRAGES D'ART					
Barrage et déversoir de Bohio				45.000.000	
2 écluses à 14.500.000				29.000.000	
6 écluses à 20.000.000				120.000.000	Fr. 194.000.000
DIVERS					
Déviation du Panama Railroad.				6.000.000	
Matériel d'alimentation du bief supérieur.				16.100.000	Fr. 22.100.000
Total général des dépenses de tous ordres					Fr. 560.000.000

Si le Canal est construit avec dix écluses, c'est-à-dire s'il devient irréalisable de descendre le plafond du bief central plus bas qu'à la cote 40, le tableau précédent se modifie par l'addition de 40 millions pour deux écluses supplémentaires et la soustraction de 40 millions au chiffre des terrassements dont 2,000,000 mètres cubes à 11 francs, soit 22 millions en moins à Emperador, et 1,500,000 mètres cubes à 12 francs, soit 18 millions en moins à Culebra; il y a donc compensation complète et c'est la qualité du terrain du massif central qui décidera entre les deux solutions, comme nous l'avons exposé et développé plus haut.

On voit par ce tableau avec quelle prévoyance ont été définies les dépenses relatives aux ouvrages d'art, les seules qui puissent encore, en réalité, renfermer de l'aléa, car ce qu'il y a à faire en terrassements est inférieur en masse et en difficultés à ce qui a déjà été réalisé.

La Commission, pour le barrage de Bohio, avait fixé en bloc le chiffre de 13,200,000 francs. Son barrage devait remplir à peu près le même rôle que celui que nous projetons, et l'étude nous a conduit à une somme près de trois fois et demi plus grande.

Pour les écluses, il en est de même : le projet de la Commission avait huit écluses doubles, soit donc seize écluses simples et il avait été prévu 145 millions pour ce colossal développement de travaux compliqués et délicats. En réalité une moyenne de 9 millions par chaque écluse, à très haute chute et à vastes dimensions, à exécuter dans un pays où tout coûte en moyenne quatre ou cinq fois le prix de France : voilà une évaluation d'une bien dangereuse modestie !

La moyenne de nos prévisions de dépenses pour ce chapitre est environ double de celle de la Commission et, encore, convient-il d'ajouter que, le choix de nos emplacements étant plus libre, le cube des maçonneries et l'aléa des fondations seront considérablement réduits.

L'examen de toutes les données de cette évaluation confirmeront le lecteur dans cette idée que, pour les dépenses comme pour le temps, l'esprit qui domine cette étude est celui de la recherche d'une sécurité et d'un équilibre absolus, de façon à ce que l'entreprise nouvelle puisse être, à toute époque, à la hauteur des engagements pris et des promesses faites, malgré tous les incidents et toutes les éventualités malheureusement trop fréquents dans ce genre de travaux.

A ceux qui me blâmeront d'avoir fait trop large la base de la construction, je répondrai que le crédit de la nouvelle affaire ne peut être reconstitué que grâce à un processus directement inverse de celui qui a tué le crédit de l'ancienne.

Le défaut d'équilibre qui a, dans la première conception, rendu disproportionnés les réalités pratiques de l'exécution et les espoirs théoriques des débuts est la grande leçon dont il faut toujours s'inspirer. Je suis pour ma part convaincu, dans mon âme et ma conscience, que faute de l'avoir suffisamment apprise, la Commission eût entraîné une reconstitution à un nouvel échec et cela à cause de ses prévisions relativement aux ouvrages d'art.

SUBDIVISION DES TRAVAUX EN DEUX PÉRIODES

Il reste à montrer, conformément à ce qui a été développé au début, que ce projet, entre autres qualités, possède l'inappréciable avantage de pouvoir se subdiviser en deux périodes dont la première, relativement peu coûteuse, permet d'amener l'œuvre à un état d'avancement tel que tout le reste ne doive être considéré que comme de simples travaux complémentaires.

Avec une dépense de 175 millions, nous avons dit qu'il est possible d'amener un navire, comme la *Touraine*, mouiller son ancre au 45^e kilomètre du Canal après avoir franchi plus des 3/5^{es} de sa longueur. Nous avons dit que,

avec cette somme de 175 millions, on pouvait non seulement inaugurer, sur 45 kilomètres, le Canal, mais encore établir que les questions du Chagres et de la Culebra sont absolument et radicalement résolues et que les écluses fonctionnent en donnant entière satisfaction.

Pour obtenir ces résultats, que faut-il ?

1° Exécuter à la Culebra un cube suffisant pour atteindre la cote 50, c'est-à-dire descendre l'excavation jusqu'à 10 mètres du plafond définitif. Trois millions de mètres cubes suffisent pour porter les travaux à ce degré de démonstratif avancement ;

2° Réaliser le barrage du Chagres à Bohio ;

3° Ouvrir à pleine section le Canal de Gamboa à la mer. Pour la partie de Gamboa à San Pablo, il n'est pas nécessaire, pour cette première étape, de réaliser un plafond de canal à 60 mètres. Le type ordinaire de Canal à une voie suffira pour l'inauguration en vue. Cette disposition permet de réduire à 800,000 le nombre de mètres à exécuter dans cette section ;

4° Construire les deux écluses de Peña Blanca et Bohio Soldado ;

5° Ouvrir, sinon à son débouché définitif, tout au moins à moitié, la grande dérivation rive droite du Canal à l'aval de Bohio.

Moyennant la réalisation de ces cinq conditions, il est clair que la démonstration désirée sera acquise.

Il ne reste plus qu'à faire l'état de ces travaux pour établir qu'ils représentent une dépense de 175 millions.

KILOMÉTRAGE		NOMBRE de MÈTRES CUBES à excaver.	PRIX PAR M ³ COMPRENANT accessoires, im- prévus et frais généraux.	DÉPENSES par SECTION.	DÉPENSES TOTALES par groupe de travaux.
DU KIL.	AU KIL.				
EXCAVATION DU CORPS DU CANAL					
K. 0.000	K. 22.000	6.500.000	Fr. 5.00	Fr. 32.500.000	Fr. 76.600 000
22.000	44.000	900.000	9.00	8.100.000	
53.600	55.456	3.000.000	42.00	36.000.000	
EXCAVATIONS ANNEXES					
Dérivation du Chagres. {		3.000.000	5.00	15.000.000	Fr. 18.600.000
		400.000	9.00	3.600.000	
OUVRAGES D'ART					
Barrage et déversoir de Bohio				45.000.000	Fr. 74.000.000
2 écluses à 14.500.000				29.000.000	
DIVERS					
Déviation du Panama Railroad				6.000.000	Fr. 6.000.000
Total général des dépenses de tous ordres de la 1 ^{re} période . .					Fr. 175.200.000

Ce tableau, qui n'est qu'un extrait du précédent, établit ce que nous disions plus haut, à savoir, qu'outre les avantages qu'il tire d'une complète adaptation aux difficultés techniques, ce plan jouit en même temps de la très singulière et très précieuse qualité de pouvoir se couper en deux de telle façon que, la première partie une fois exécutée, il ne subsiste plus aucune difficulté dans l'Isthme, ni aucun doute dans l'esprit public, que le problème de Panama est bien enfin effectivement résolu.

La somme, relativement restreinte, qui correspond à cette première série de travaux peut être obtenue du dévouement des porteurs actuels ; plus tard, l'argent nécessaire pour achever le Canal sera abondamment fourni par la confiance universelle ; l'œuvre sera sauvée et un profond désastre transformé en une gloire immortelle pour notre pays.

INTERVENTION DU LÉGISLATEUR

Cette étude ne serait pas complète si nous n'examinions la situation au point de vue légal.

Le caractère civil de la Société en liquidation, le nombre immense des coparticipants, soulèvent des problèmes juridiques d'une difficulté particulière et qui tiennent à ce que notre édifice législatif n'a pas été conçu en prévision d'affaires basées sur un aussi prodigieux développement des principes de l'association. Il est par suite indispensable de compléter, pour ce cas particulier, l'insuffisance de notre régime légal, quelle que soit d'ailleurs la résolution définitive à adopter pour la liquidation.

Il nous a donc paru utile de consacrer un paragraphe spécial à ce sujet et de le traiter de la façon la plus générale.

Quelle que soit l'éventualité considérée, on aboutit nécessairement à l'intervention obligatoire du législateur.

Les opérations finales de la liquidation de la Compagnie du Canal Interocéanique de Panama, paraissent devoir rendre indispensable, à tous les points de vue, l'intervention du pouvoir législatif autant dans l'intérêt des porteurs d'obligations que dans celui de l'achèvement de l'œuvre entreprise.

Il faut, en effet, envisager toutes les hypothèses qui peuvent se réaliser.

Il n'y en a que trois qui soient possibles :

1° La constitution d'une Société civile des diverses catégories d'obligataires, laquelle recevant du liquidateur tout l'actif social gérerait les portions de l'actif non susceptibles d'une réalisation immédiate, réaliserait les autres au mieux des intérêts sociaux, et remettrait à chaque obligataire, en échange de son titre, une part lui donnant droit de toucher une fraction proportion-

nelle à sa créance dans le produit des réalisations et dans les revenus des portions non réalisées ;

2° La réalisation par le liquidateur lui-même de tout l'actif, et sa répartition entre tous les obligataires ;

3° La cession de tout l'actif libre de la Société actuelle, par voie d'apport ou autrement, à une société nouvelle, donnant de sérieuses garanties pour l'achèvement du Canal interocéanique.

Or, le nombre considérable de porteurs de titres, évalué par M. le liquidateur *Monchicourt* au chiffre de deux cent mille (2° Rapport adressé au tribunal, pages 27 et 28) rend matériellement impossible, dans l'état actuel de notre législation, qui n'a pu prévoir un tel concours d'intéressés, l'accomplissement régulier d'aucune des solutions ci-dessus indiquées :

En effet :

a) Pour la première solution, M. le liquidateur a fait observer avec raison que la constitution d'une société civile des diverses catégories d'obligataires devrait réunir l'adhésion de tous les obligataires, pour n'être pas exposée à voir sa constitution entravée par des oppositions judiciaires qu'autoriserait le caractère civil de la Société.

Or, il serait chimérique de chercher à obtenir une telle adhésion ; et il suffirait de quelques dissidents pour empêcher les accords que le liquidateur aurait à conclure avec la société civile (2° Rapport adressé au tribunal, p. 29).

b) Pour la seconde solution, consistant dans une distribution par contribution, l'impossibilité d'y procéder en observant les formalités légales, se compliquerait encore de la nécessité d'exposer des frais énormes qui finiraient par absorber le reliquat disponible.

Dans les deux cas ci-dessus, *M. Monchicourt* a pu dire avec raison « que la liquidation se trouverait dans une impasse d'où elle ne pourrait sortir sans l'intervention du pouvoir législatif ».

c) Pour la troisième, la difficulté est d'un ordre juridique.

Sans doute, le jugement du 4 février 1889 qui a prononcé la dissolution de la Compagnie de Panama a donné au liquidateur les pouvoirs les plus étendus, notamment pour céder ou apporter à toute société nouvelle tout ou partie de l'actif social..... Mais cette déclaration ne saurait donner une suffisante garantie à la société nouvelle avec laquelle le liquidateur voudrait traiter.

On pourrait soutenir, en effet, que le tribunal n'a pu et voulu donner un tel pouvoir au liquidateur, que dans la limite des statuts eux-mêmes de la Compagnie ; que d'ailleurs la décision rendue a un caractère purement gracieux et ne saurait avoir l'autorité de la chose jugée, que dans tous les cas ceux qui ont provoqué cette décision n'avaient pas qualité pour représenter, dans l'ordre d'idées envisagé, les divers porteurs de titres.

La gravité de semblables objections ne saurait être méconnue par per-

sonne. Quand même elles ne seraient pas fondées, il suffit qu'elles puissent se produire, et cette seule éventualité empêchera toujours une société quelconque de se former et de traiter avec un liquidateur dont les pouvoirs ne sont pas absolument à l'abri de toute contestation.

A ce point de vue encore, l'intervention du pouvoir législatif est nécessaire ; il appartient, en effet, au pouvoir législatif de sauvegarder les intérêts collectifs, quand des conditions particulières ne leur permettent pas de se défendre eux-mêmes.

Dans la situation qui nous préoccupe, il est impossible d'arriver à une réunion régulière de tous les porteurs de titres de Panama, afin de connaître les intentions et désirs de la majorité. Mais il est possible de les présumer.

Une assemblée générale des actionnaires avait été convoquée pour le 26 janvier 1889 ; malgré la publicité donnée à la convocation, la moitié du capital ne se trouva pas représenté à la réunion. Mais l'Assemblée, quoique ne pouvant pas délibérer, manifesta ses intentions en adoptant la résolution suivante :

*« L'Assemblée, bien qu'elle ne puisse délibérer, émet le vœu que la Compagnie
« Universelle du Canal Interocéanique soit dissoute, qu'un liquidateur soit
« nommé avec les pouvoirs les plus étendus pour faire tout traité, céder tout ou
« partie de l'actif de la Société actuelle par voie d'apport ou autrement, à une
« société nouvelle au mieux des intérêts de la Société actuelle.*

Le jugement précité du tribunal de première instance de la Seine a donné à ce vœu un commencement de satisfaction en définissant les pouvoirs du liquidateur nommé ; mais il appartient au liquidateur lui-même d'assurer l'efficacité de cette décision en lui donnant vis-à-vis de tous la certitude et la stabilité indispensables à une solution définitive et qui ne peut souffrir d'attermoiements. En résumé, l'intervention du pouvoir législatif devrait se traduire par une loi réglant éventuellement les trois hypothèses qui peuvent se présenter :

1° Pour le cas d'une distribution par contribution du capital social, la loi pourrait autoriser le liquidateur à y procéder lui-même, sans formalité de justice, sur la simple production par les créanciers du bordereau de leurs titres, dispensés de l'enregistrement et du timbre et un décret, dans la forme des règlements d'administration publique, fixerait les conditions de détail de l'opération.

Le liquidateur serait tenu de soumettre à l'homologation du tribunal les actes de réalisation par lui consommée et les bases de la répartition à effectuer.

2° Pour le cas où une société civile parviendrait à se constituer parmi les

obligataires en vue de gérer l'actif social, la loi donnerait au liquidateur le pouvoir de céder l'actif social à cette société.

La société civile procéderait à l'achèvement de la liquidation et finalement à la répartition qui aurait lieu d'après le mode fixé par le numéro précédent.

La société civile, chargée de terminer la liquidation, aurait également le droit de céder et transporter tout l'actif social, au mieux de ses intérêts, à une société nouvelle formée pour l'achèvement du Canal de Panama.

3° Enfin, le liquidateur actuel serait autorisé à céder et transporter, le cas échéant, tout l'actif libre de la société actuelle, par voie d'apport ou autrement, à une société nouvelle qui se chargerait de terminer le Canal de Panama dans les conditions imposées à l'entreprise et ce, au mieux des intérêts de la société actuelle.

Le projet de traité serait soumis à l'homologation du tribunal civil de la Seine, et ne deviendrait définitif que par cette homologation.

Telles sont les bases de la loi qui viendrait mettre fin à une crise sans exemple jusqu'à ce jour, et qui rendrait possible la reprise de sérieuses tentatives pour sauver le capital déjà engagé.

CONCLUSION

Nous avons, au cours de cet ouvrage, cherché à faire jaillir la lumière sur toutes les parties, sur tous les coins sombres, de la question de Panama.

Basant notre étude sur la forte assise d'une observation des lieux et des faits, longue de quatre années, nous avons successivement mis les diverses idées répandues dans le public au contact des réalités et dégagé ainsi tout ce qu'elles pouvaient contenir d'inexact.

C'est également en superposant, pour ainsi dire, aux difficultés matérielles, les solutions conçues, que nous avons pu obtenir celui des projets qui épouse le mieux les formes mêmes du problème.

Après l'échec du *Canal à niveau*, c'est-à-dire de la conception la plus simple, mais aussi la plus grande et la plus difficile, après l'échec du projet de la *tranchée cyclopéenne*, est sortie, des études de la Commission, une nouvelle idée.

Le projet de la Commission, aux tranchées et aux barrages majestueux, est, en raison de la grandeur même de ces tranchées et de ces barrages, trop disproportionné avec les moyens de réalisation dont on dispose.

La solution provisoire de l'ancienne Compagnie : le projet de la tranchée minimum et du Chagres artificiellement dérivé, se distingue des formules précédentes par le caractère le plus précieux dans une telle question, la certitude d'une réalisation rapide et économique. Toutefois ce projet, parfait pour la question de la Culebra, ne donne qu'une demi-satisfaction pour celle du Chagres.

Enfin vient la formule que nous avons proposée : *la solution de la*

tranchée minimum, du barrage minimum et du Chagres naturellement écoulé.

Celle-ci emprunte le projet provisoire de la Compagnie, dans ce qu'il a de parfait, c'est-à-dire tout ce qui a trait au passage du massif central, elle se borne, par une modification très secondaire en apparence, mais féconde de conséquences favorables, à donner à la question du Chagres une solution ample et complète et cela avec des travaux relativement modestes et restreints.

Cette dernière conception, tirée de la connaissance réelle et précise des difficultés, est inspirée par la recherche de la réduction au minimum des efforts à faire.

Ceci étant acquis, ce minimum n'est-il pas encore supérieur à ce que l'on peut demander aux ressources d'une entreprise privée ?

Non, ni au point de vue de la dépense, ni au point de vue du temps.

Au point de vue des dépenses, nous avons exposé combien étaient larges et solides les éléments d'évaluation et sous le contrôle de quelles expériences réelles, ils avaient été déterminés.

Au point de vue du temps, nous avons multiplié les garanties contre l'imprévu plus qu'il n'eût été logique et justifié de le faire pour une entreprise ordinaire.

Ici, se trouve terminé le résumé des développements de tous ordres qui ont été fournis au cours de ce travail.

Nous nous sommes placés en face de l'obstacle considérable qui barre la route d'Europe vers l'Asie, par l'ouest.

La recherche de cette route a fait jaillir, il y a quatre siècles, le plus considérable événement de l'histoire du monde : la découverte de l'Amérique.

Sa réalisation était déjà rêvée et ardemment désirée à la fin du moyen âge ; aujourd'hui, l'intérêt qui s'y attache est augmenté en proportion directe des énormes progrès accomplis par la race humaine, à la surface du monde, pendant toute la période moderne.

Cette grande idée qui, depuis la conception embryonnaire, a demandé quatre siècles de gestation, est sur le point d'être réalisée.

A travers des difficultés sans égales, l'obstacle a été sondé dans toutes ses parties et la ligne de moindre résistance nettement définie.

Après avoir eu l'audace de mettre en œuvre le rêve de Colomb, après

avoir dépensé des sommes énormes d'efforts et d'argent, après avoir, grâce à ces efforts, parcouru les deux tiers du chemin, après avoir rassemblé et mis en marche un matériel gigantesque, après avoir essuyé toutes les épreuves, acheté si cher tous les enseignements, brisé toutes les résistances, triomphé de tous les obstacles, après avoir exécuté environ cinquante millions de mètres cubes dans les conditions difficiles et obscures du début, allons-nous abandonner tout cela, quand il ne reste plus que quarante millions de mètres cubes à faire dans des conditions connues et précisées ?

Allons-nous laisser peser, sur la génération qui vient, cette notion que notre pays n'est plus capable que d'une énergie spasmodique, mais que la force puissante et généreuse de l'effort continu lui est désormais étrangère ?

Si une telle déchéance nous frappait, si cette œuvre blessée était abandonnée aujourd'hui par nous, pour faire demain la gloire d'un autre peuple, quelle ne serait pas, dans peu de temps, la colère de la nation, contre ceux qui auraient contribué activement ou passivement à son abandon définitif !

Et, dans l'avenir éloigné, le fardeau, plus lourd encore, de la réprobation historique pèsera sur ceux qui, responsables à un degré quelconque des grands intérêts nationaux, auraient délaissé et négligé celui-là.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS.	3
-----------------------	---

DONNÉES GÉNÉRALES RELATIVES A LA RECONSTITUTION DE L'ENTREPRISE DU CANAL INTEROCÉANIQUE DE PANAMA

RAISONS D'ORDRE GÉNÉRAL JUSTIFIANT LA RECONSTITUTION.	5
ÉTAT PROBABLE DE L'ESPRIT PUBLIC LORS DES DIVERS APPELS AU CRÉDIT	12
PROGRAMME FINANCIER, PREMIÈRE PHASE	13
PROGRAMME FINANCIER, DEUXIÈME PHASE	16
ORGANE PRINCIPAL DE LA RECONSTITUTION	17

LE PASSÉ — LES ENSEIGNEMENTS ACQUIS

CONSIDÉRATIONS D'ENSEMBLE, SOURCES DES IDÉES DÉVELOPPÉES.	19
DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SOL ET DU SOUS-SOL SUR LE TRACÉ DU CANAL.	41
Vallée du Chagres	42
Vallée de l'Obispo	46
La Culebra	48
Vallée du Rio Grande et partie maritime	54
CLIMAT. — ÉTAT SANITAIRE DE L'ISTHME DE PANAMA.	56
DESCRIPTION DES PROCÉDÉS D'EXÉCUTION, APPROPRIÉS AUX DIFFÉRENTES PARTIES DU CANAL	61
Vallée du Chagres	61
Vallée de l'Obispo	79
La Culebra	81
Vallée du Rio Grande et partie maritime	92
EXAMEN DES DIFFÉRENTS RÉGIMES ADMINISTRATIFS DES TRAVAUX.	93

LE PRÉSENT — LES SOLUTIONS PROPOSÉES

CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES DIFFÉRENTS PROJETS.	103
PROJET DE LA COMPAGNIE	106
PROJET DE LA COMMISSION D'ÉTUDES.	111
Avant-propos et définition du projet.	111
Critiques formulées par la Commission au projet de la Compagnie.	113
Dispositions particulières adoptées par la Commission	128
Examen des bases d'évaluation fixées par la Commission	137
Évaluation totale du projet de la Commission	144
PROJET BONAPARTE WYSE.	145
PROJET SAUTEREAU	145

L'AVENIR — LA VOIE A SUIVRE

QUESTION DE LA CULEBRA	149
QUESTION DU CHAGRES.	153
ALIMENTATION DU BIEF SUPÉRIEUR.	159
ÉVALUATION DES DÉPENSES TOTALES	162
SUBDIVISION DES TRAVAUX EN DEUX PÉRIODES	165
INTERVENTION DU LÉGISLATEUR	167

CONCLUSION	171
----------------------	-----

ERRATUM

Sur la planche précédant la page 41, au schéma de l'écluse n° 5.

Au lieu de :

NOTA. — Cette écluse a été commencée cinq mois après les autres,

Lire :

NOTA. — Cette écluse a été commencée deux mois et demi environ après les autres.

