

265

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE.

LE DESSÈCHEMENT DU LAC COPAÏS
(GRÈCE),

PAR

M. ALFRED DURAND-CLAYE,

INGÉNIEUR EN CHEF DES PONTS ET CHAUSSÉES.

(Extrait du *Bulletin de la Direction de l'hydraulique agricole.*)



PARIS.

IMPRIMERIE NATIONALE.

M DCCC LXXXVIII.

Bibliothèque Maison de l'Orient



135732

Offert par Madame Duval Clay,
à M^{re} Gaucher Villars,
en souvenir de son collègue à la
Société d'Encouragement

RAPPORT
SUR
LE DESSÈCHEMENT DU LAC COPAÏS
(GRÈCE)

PAR
M. ALFRED DURAND-CLAYE,
INGÉNIEUR EN CHEF DES PONTS ET CHAUSSÉES.

(Extrait du *Bulletin de la Direction de l'hydraulique agricole.*)



PARIS.
IMPRIMERIE NATIONALE.

M DCCC LXXXVIII.

RAPPORT

SUR

LE DESSÈCHEMENT DU LAC COPAÏS.

INTRODUCTION.

Les dessèchements artificiels de vastes surfaces d'eau sont des opérations qui se présentent assez rarement; ces opérations offrent, par suite, un vif intérêt au point de vue du génie rural, surtout lorsqu'elles s'appliquent à plusieurs milliers d'hectares. La seconde moitié de notre siècle aura vu réaliser deux œuvres de ce genre également grandioses : l'une, le dessèchement du lac Fucino (Italie), est aujourd'hui terminée, grâce à la persévérance et aux sacrifices pécuniaires du prince Torlonia : c'est un ingénieur français, l'illustre de Montricher, qui dirigea l'entreprise au début et dans les phases les plus difficiles; son ancien collaborateur, M. Brisse, a su la mener à bonne fin. L'autre dessèchement, actuellement en cours, est celui du lac Copaïs aux environs de Thèbes (Grèce); ici encore nous retrouvons les ingénieurs français. Nous allons essayer de donner une idée de l'œuvre, dont nous avons pu examiner sur place la situation technique et agricole au mois de septembre 1886, grâce à une mission qu'avait bien voulu nous confier M. le Ministre de l'Agriculture.

Nous diviserons notre travail en quatre parties :

1° Données générales; situation topographique, géologique, météorologique, agromonomique.

2° Historique des projets;

3° Description générale du projet en cours d'exécution;

4° Situation des travaux. — Travaux restant à exécuter. — Résultats obtenus et à obtenir.

I. — DONNÉES GÉNÉRALES.

§ 1. SITUATION TOPOGRAPHIQUE. — Le lac Copaïs est situé dans la partie septentrionale de la province d'Attique et de Béotie, dans l'éparchie de Livadia. Il est distant de 10 kilomètres de Thèbes et de 6 à 15 kilomètres du détroit de Négrepont. Le méridien sur lequel il se trouve passe sensiblement par la pointe nord de l'île d'Eubée et par l'extrémité est du golfe de Corinthe.

Il occupe le fond d'un bassin absolument fermé par des montagnes de hauteur variable; il n'a aucune communication apparente avec la mer. À l'ouest et au sud-ouest, son bassin est limité par le massif du Parnasse, dont le point culminant atteint la cote 2,459 mètres. Au nord se trouve le massif de l'OËta, qui, partant de la cote 1,564, descend à 1,000 mètres environ au voisinage du détroit de Calchis. À l'est, le mont

Hélias et les sommets voisins se tiennent entre les cotes 638 et 1,025 mètres. Enfin, au sud, le bassin est fermé par de simples collines dont les cotes maxima oscillent entre 567 et 896 mètres (monts Phagos et Herobonni); la plaine de Thèbes, qui leur fait suite, est séparée de la mer et de la plaine d'Athènes par le Cythéron (1,411 mètres) et le Parnès (1,418 mètres). Les rives du lac sont escarpées et à pic au nord; à l'est, elles sont formées d'une barrière rocheuse; au sud et à l'ouest, elles sont relativement plates ou à pente douce.

La surface alimentaire du lac Copais, limitée par le relief orographique que nous venons d'indiquer, est de 200,000 hectares au minimum. Elle comprend la longue vallée du Céphise, qui descend du massif formant la jonction entre le Parnasse et l'OËta, les plaines de Chéronée et de Livadie. La vallée du Céphise est peu peuplée, médiocrement cultivée. La plaine de Chéronée est séparée de la vallée haute de Céphise par un contrefort calcaire sur lequel se trouvent le village moderne de Scripon et les ruines de l'antique Orchomène; elle est formée d'épaisses alluvions, au milieu desquelles circulent les deux bras du Céphise, qui s'y sont creusé un lit à berges argileuses rapides. Le bras principal, qui descend de la haute vallée, est souvent à sec; le bras secondaire amène presque constamment du Parnasse un courant continu. La plaine de Chéronée est comprise entre les cotes 105 et 110; elle est parsemée de nombreux villages, dont les habitants cultivent les terres fertiles qui s'étendent jusqu'au lac. La faible pente du sol amène d'importantes inondations en hiver. La plaine de Livadia forme une bande allongée au sud de la précédente; elle est également formée d'épaisses alluvions que traversent l'Hercyne et d'autres torrents, sortis des ramifications orientales du Parnasse; elle porte le nom de la ville de Livadia, centre important situé à l'entrée des gorges qui limitent la vallée haute de l'Hercyne. On y rencontre de nombreux villages; la terre y est d'une fertilité remarquable; la culture du coton y a pris un développement considérable, grâce à d'abondantes irrigations. — Les torrents, à sec l'été, sont sujets à des crues d'hiver qui produisent sur leurs berges basses, véritables cônes de déjection, des inondations trop fréquentes. La plaine de Livadia est séparée de la plaine de Thèbes par un col de 20 mètres de haut environ qui forme la limite orographique du bassin du Copais et en distrait les plaines de Thèbes et de Moriki.

Le Copais occupe le fond de la cuvette vers laquelle descendent les contreforts de l'OËta et les plaines que nous venons d'indiquer (pl. I). Il forme un bassin plat de peu de profondeur, 4 mètres au maximum, qui se tient aux environs des cotes 94 m. 30 à 95 mètres. Vers l'ouest et vers le sud, le fond se relève assez rapidement aux cotes 96 et 97. La surface est de 25,000 hectares environ, se réduisant, dans les années sèches, à 15,000 hectares. Le lac Copais envoie dans les terres deux baies à ses extrémités nord-ouest et nord-est. La première, située au nord du contrefort de Scripon, est bordée de sources abondantes d'où sort une rivière, le Mélas; la deuxième se rapproche du détroit de Négrepont, dont sa pointe n'est distante que de 6 kilomètres environ, comptés jusqu'au fond des deux golfes de Larymna et de Skroponeri. Entre Larymna et le lac, se trouve le col de Képhalari, de 3 kilomètres environ de largeur, avec une cote maxima de 148 mètres. Une troisième baie existe vers le centre de la berge orientale du lac; elle se termine non loin de la ville de Karditza. Un col peu élevé (cote 118 mètres) s'étend à la suite jusqu'au lac voisin de Likéri et est formé de parois rocheuses écartées de 10 à 30 mètres. Enfin, au sud de la baie de Karditza, s'étend une baie moins profonde, jusqu'au village de Moulki. C'est au sud de cette baie que se

trouve le col qui réunit les plaines de Livadia et de Thèbes. Quelques petites îles dont les principales sont celles de Paléocastro et de Stroviki, se trouvent spécialement dans la partie septentrionale du Copaïs. Le fond du lac se relève constamment par les alluvions que lui apportent ses affluents; il est certain que depuis l'antiquité ce surhaussement a été considérable et a amené une extension progressive de la surface mouillée.

Entre le lac Copaïs et le détroit de Négrepont, au sud et au sud-ouest de la baie de Képhalari, se trouvent deux autres lacs, d'un caractère topographique absolument différent. Ce sont les lacs Likéri ou Hylieus et Paralimni ou Arma. Ces lacs forment de profonds entonnoirs à rives escarpées, ayant toujours 7, 8 et 10 mètres de hauteur d'eau. Le premier, le Likéri, a une surface de 1,000 à 1,200 hectares. Ses berges s'abaissent un peu vers le nord-ouest pour former la petite plaine de Sengena, de 150 hectares d'étendue, qui se développe au pied du col de Karditza. Sur tout le reste du périmètre, les berges très découpées déversent rapidement au lac les pluies d'hiver et d'orage. Aussi le lac est-il soumis à des crues de 4 à 7 mètres. Son niveau normal est à la cote 52. Il est alimenté par deux petits cours d'eau, le Kanavouri et le Jomenos, qui viennent de la plaine de Thèbes par une brèche calcaire, située à la cote 100 environ. Ces petits cours d'eau sont souvent à sec en été; ils traversent les terrains plats qui constituent la plaine alluvionnaire, dominée par les collines où s'élève Thèbes. Ils causent en hiver de fréquentes inondations.

A l'est de ces deux cours d'eau, la plaine de Thèbes s'allonge pour gagner le lac de Paralimni. Ce lac, long de 8 kilomètres et large de 1 kilomètre, est sujet à des crues encore plus fortes que le Likéri; elles atteignent 11 mètres au-dessus de la cote normale. Une double dépression, formant les cols d'Hungara et de Moriki, existe entre le Paralimni et le Likéri; la cote descend à 84,50 au col de Moriki. A l'aval, dans la direction de la mer, existe un autre col, celui d'Anthédon, dont le point culminant est à la cote 87.

En résumé, le lac Copaïs se présente, au point de vue topographique, comme un immense bassin plat et peu profond ayant son plan d'eau aux cotes 96 et 97, séparé du détroit de Négrepont par un massif montagneux qui se réduit à 6 kilomètres d'épaisseur entre la baie de Képhalari et les golfes de Larymna ou de Scroponéri et qui plus bas comporte les deux poches successives du Likéri et du Paralimni, échelonnées aux cotes 52 et 36.

§ 2. CONSTITUTION GÉOLOGIQUE. — La constitution géologique des terrains qui entourent le Copaïs explique leur disposition topographique et permet en même temps de comprendre le régime singulier des eaux du lac. Elle a été étudiée et décrite avec une grande autorité par M. Sauvage, ingénieur des mines, en 1845. Les massifs qui entourent le Copaïs sont essentiellement formés d'un calcaire compact, tantôt fissuré et perméable comme dans la vallée du Céphise, tantôt non fissuré et imperméable, comme dans la vallée de l'Hercyne. Ce calcaire accuse une grande fracture dans la direction de l'ouest-sud-ouest à l'est-nord-est. Sur la rive nord du lac, il appartient aux terrains secondaires; il est formé essentiellement de calcaire jurassique gris, compact, avec quelques schistes rouges et verts. A l'est, vers Karditza, et dans le massif du mont Ptoüs, les couches sont plissées et redressées par des soulèvements divers; elles sont fracturées et brisées en tous sens. Au sud, les formations appartiennent aux terrains tertiaires; à la base, on trouve des conglomérats de galets verts, des poudingues, des

brèches calcaires. Plus haut, on rencontre des calcaires tendres et des marnes qui s'étendent jusqu'au col de la plaine de Thèbes et qui s'appuient sur des calcaires compacts, gris, roses, blancs à grains saccharoïdes. Quant à la cuvette du lac, elle repose sur une couche d'argile plastique; au-dessus se trouvent 2 à 4 mètres de vase consistante, formée de limons apportés par les torrents et des débris végétaux qui ont pourri sur place dans les alternatives d'humidité et de sécheresse relatives du lac. Cette vase est naturellement riche en matières organiques. Les analyses faites au laboratoire de l'École des ponts et chaussées ont donné les résultats suivants pour cent, suivant les échantillons :

Azote.....	0.10	à	3.32
Autres matières volatiles ou combustibles.....	7.12		51.05
Acide phosphorique.....	0.08		0.22
Potasse.....	Traces.		0.03
Chaux.....	5.39		24.42
Magnésie.....	0.46		1.40
Alumine et peroxyde de fer.....	5.41		17.94
Résidu insoluble dans les acides (silice).....	14.55		70.70

La constitution fissurée des calcaires qui limitent le Copais à l'est a donné naissance à un phénomène géologique et hydrologique des plus curieux : nous voulons parler des Katavothres.

Ces katavothres sont des fissures et des grottes dans lesquelles s'engouffrent les eaux pour cheminer souterrainement et gagner soit les couches profondes du sous-sol, soit des points d'émergence où elles forment des sources plus ou moins abondantes. Ils sont le seul mode d'écoulement naturel des eaux du Copais. Ils sont spécialement situés sur la rive orientale du lac entre Topolias et Moulki, où le calcaire se présente avec de nombreuses fractures et fissures. Leur direction est entièrement liée aux lignes de stratification et de rupture des masses calcaires et non aux reliefs extérieurs du sol; c'est ainsi qu'entre le Copais et le Likéri existe un important katavothre, donnant une source du côté du Likéri; l'orientation de ce katavothre est celle de la fissure générale des couches et non de celle du col qui réunit les bassins des deux lacs. L'aspect des katavothres est toujours à peu près le même; leur ouverture se présente sous forme d'une grotte plus ou moins arrondie, allant peu à peu en se rétrécissant et se terminant par une ou plusieurs fentes, dans lesquelles s'engouffrent les eaux. L'entrée est plus ou moins encombrée de blocs et d'éboulis. L'eau, par sa vitesse et par le frottement des sables qu'elle entraîne, entretient un passage constant. Les deux katavothres les plus importants sont situés dans la grande baie septentrionale du Copais; ils absorbent les eaux d'une rivière entière, le Mélas, et leur débit a été évalué de 3 à 12 mètres cubes à la seconde. Les autres s'échelonnent sur les parois est, spécialement le long et en face de la pointe de Karditza. A leur orifice de sortie, les katavothres présentent des dispositions diverses : les grands katavothres de la baie septentrionale donnent, au delà du col de Képhalari, une source qui sort à la cote 45 et qui alimente le ruisseau du ravin de Larymna. Du côté de la baie de Skroponéri, les sources émergent du sol presque au niveau de la mer, après avoir parcouru souterrainement 6 kilomètres et être descendues de 90 mètres depuis l'orifice des katavothres correspondants.

D'autres katavothres communiquent avec le Likéri et sourdent soit sur la rive, soit au-dessous du niveau des eaux. Le Likéri et le Paralimni présentent eux-mêmes des

katavothres qui les font communiquer entre eux et avec la mer. L'ensemble de toutes ces communications souterraines établit un vaste courant du Copais à la mer. Les katavothres présentent ainsi, au degré le plus élevé et le plus frappant, le caractère des calcaires fissurés qui se retrouve en Grèce même, au pied du Mont Ossa, d'où sortent les admirables et énormes sources de la vallée de Tempé, dans les *lésines* du Jura français, dans les *boit-tout* de la Tardoire, etc.

§ 3. CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES. — Le système hydraulique des bassins, dont nous venons d'indiquer la disposition topographique et la constitution géologique, est alimenté par des chutes d'eau pluviale, assez abondantes pour la Grèce. Le massif du Parnasse et de l'OEta forme en effet une barrière élevée, favorable à la condensation des eaux météoriques. On compte sur le Parnasse des hauteurs annuelles de neige de 2 mètres d'épaisseur. Dans la plaine de Chéronée et dans le bassin du Copais, on estime la hauteur d'eau annuelle de pluie à 0 m. 90; elle serait un peu moins forte dans la plaine de Thèbes, 0 m. 50 environ (M. Moule). Le nombre de jours de pluie est de 95 à 100. Les averses sont souvent prolongées et durent jusqu'à quarante-huit heures, tandis qu'à Athènes elles sont presque toujours de courte durée.

L'évaporation est extrêmement puissante; on peut l'estimer de 1 m. 50 à 2 mètres de hauteur d'eau évaporée au minimum par an sur surface d'eau. Elle est favorisée par les hautes températures d'été et par des vents violents. En été, du mois de mai au mois de septembre, la température moyenne oscille de 21° à 28°. Les températures de 35° à l'ombre ne sont pas rares. En revanche, en hiver, les gelées sont assez fréquentes et les vents qui soufflent du nord à travers les massifs de l'OEta et de l'Hélicon sont vifs et aigres.

§ 4. RÉGIME HYDROGRAPHIQUE. — Nous avons indiqué plus haut les vallées et les plaines qui forment le bassin du Copais. Elles sont traversées par des cours d'eau qu'alimentent les pluies de la saison humide et qui sont les suivants en partant de la rive septentrionale :

1° Le Mélas naît dans le périmètre même du lac, dans la baie située au nord du cap de Scripou; sa source est sur la berge même; il circule au milieu des roseaux qui garnissent les parties peu profondes du lac; ses eaux, qui ne tarissent jamais, même en été, sont claires et limpides et se reconnaissent même au moment où les crues du lac les noient dans la masse générale. En crues ordinaires, son débit atteint 5 mètres cubes. Après avoir longé la rive septentrionale du Copais, il va se perdre dans le grand katavothre de la baie de Képhalari. Le Mélas est en quelque sorte l'écoulement de sources de fond, plutôt qu'un affluent direct du lac.

2° Le Grand Céphyse ou Mavropotamos suit pendant 60 kilomètres environ, de l'ouest à l'est, la longue vallée comprise entre le Parnasse et l'OEta. Les calcaires très fissurés qui limitent son bassin fournissent les matériaux qu'il entraîne jusqu'au lac en formant un vrai cône de déjection au pied du promontoire de Scripou. Il a une allure torrentielle, presque à sec en été, roulant des eaux abondantes au moment de la fonte des neiges du Parnasse ou au moment des orages. Le petit Céphyse, qu'il reçoit en amont de la plaine de Chéronée, a un régime plus constant, se maintient en eau pendant l'été et fournit alors à peu près seul le débit qu'on constate en étiage au débouché commun dans le lac. A 6 ou 7 kilomètres en amont de ce débouché, le Céphyse

traverse des terrains marécageux, d'où sort un petit cours d'eau, le Synoron, qui va gagner directement le lac à San-Dimitri.

Le bassin du Céphyse est de 115,000 hectares; son débit est de 2 m. c. 500 au débouché de l'étiage; il atteint 100 mètres cubes aux crues ordinaires et 154 mètres cubes aux grandes crues.

3° L'Hercyne est le torrent qui descend de Livadia et tombe dans le lac à Déglès: sa vallée haute est comprise entre des falaises calcaires, très compactes, peu fissurées et par suite imperméables. Cette constitution lui donne des allures essentiellement torrentielles, avec des crues rapides et considérables. Au-dessous de Livadia, l'Hercyne vient réunir son cône de déjection à celui du Céphyse, pour former l'ensemble de terres fertiles et basses, qui limitent le lac de ce côté. Le bassin de l'Hercyne est d'environ 31,400 hectares. En étiage le débit atteint à peine 1 mètre cube; il s'élève à 25 mètres cubes en crues ordinaires et à 70 mètres cubes en grandes crues.

4° Le Pagaros ou Pontgia débouche non loin de l'Hercyne; il présente des pentes boisées, médiocrement perméables; son bassin est peu étendu, il comporte environ 8,000 hectares. En été, le Pontgia est à sec; en crues ordinaires, son débit est de 16 mètres cubes et en crues extraordinaires de 25 mètres cubes.

5° Tout à fait au sud du lac se trouve le Lophis qui se présente dans des conditions à peu près identiques à celles du Pagaros, avec un bassin de 8,000 hectares, un débit d'à peine 0 m. c. 250 en étiage, un débit de crue ordinaire de 15 mètres cubes et de 40 mètres cubes en fortes crues.

6° Un grand nombre de torrents et ruisseaux descendent des berges du lac. En hiver ils coulent abondamment; en été ils sont presque tous à sec, et l'on ne peut évaluer à plus de 0 m. c. 250 le total de leurs débits d'étiage.

Tous ces cours d'eau alimentent le lac d'un cube excessivement variable suivant les saisons; en été, l'ensemble de leurs débits ne dépasse pas 4 mètres cubes. En crues ordinaires, les cours d'eau principaux, sans compter les torrents secondaires, donnent 156 mètres cubes et en grandes crues ce débit atteint 270 mètres cubes. D'autre part, les katavothres du lac écoulent des masses considérables; l'évaporation agit énergiquement en été ou sous l'influence des vents un peu violents, compensés il est vrai, en partie, par les pluies qui tombent directement sur les 25,000 hectares du lac. Le régime du Copais est la résultante de ces diverses influences.

Pendant la majeure partie de l'été, le Copais présente l'aspect d'un vaste marécage couvert d'énormes roseaux. Son étiage a lieu en octobre et la cote du plan d'eau est alors 94 m. 40 à 94 m. 80. Il commence à entrer en crue en novembre et atteint son niveau maximum en mars ou avril; le plan d'eau oscille alors entre les cotes 95 et 97 (95 m. 35 en 1885, 96 m. 92 en 1886) avec une profondeur de 2 m. 50 à 3 mètres au maximum. On trouve sur les bords des traces de crues tout à fait extraordinaires qui auraient atteint sur la rive nord des hauteurs de 6 mètres au-dessus du lit du Mélas. Les habitants ont conservé le souvenir des crues de 1852 et 1864, qui ont inondé 2,000 hectares de la plaine de Livadia. En 1856, au contraire, la sécheresse fut extrême et le lac fut pendant plusieurs semaines presque absolument à sec, ce qui permit de constater que sur son vaste fond de terres noires d'alluvions il ne comportait aucune source et était par conséquent uniquement alimenté par ses divers affluents et les ruissellements de ses berges.

Les alternatives de sécheresse et d'humidité du lac et le niveau essentiellement va-

riable de ses eaux ne permettent de faire avec sécurité aucune culture sur les terres fertiles qui forment ses bords immédiats. Les seules végétations qui croissent sur ces bords et sur les parties annuellement desséchées sont d'énormes roseaux. Ces roseaux viennent encore rendre plus difficile l'écoulement des eaux et accuser le caractère paludéen du lac. De là une insalubrité extrême dans toute la région. De juillet à octobre les fièvres s'étendent sur un rayon de 25 à 30 kilomètres autour du lac; elles sont fréquemment mortelles chez les enfants; elles produisent une anémie profonde chez les adultes.

Perte d'une vaste étendue de terres fertiles, insalubrité de toute la contrée: telles sont donc les conséquences fâcheuses du régime hydrologique du lac Copais.

§ 5. SITUATION AGRICOLE DE LA CONTRÉE. — Les environs du Copais forment une région que l'on peut dire exceptionnelle en Grèce, au point de vue agricole; dans l'ensemble de la Grèce, en effet, il y a au moins 2 millions d'hectares de terres arables; on n'en compte guère plus de 100,000 cultivés régulièrement. La sécheresse sévit en effet presque partout dès le mois de mai; les eaux ne sont nulle part aménagées avec quelque soin et l'on ne retient rien des crues d'hiver ou de printemps pour la période brûlante d'été. Les quelques sommets encore boisés sont ravagés avec une coupable imprévoyance; les bergers y allument des incendies fréquents, dont ils ne mesurent pas dans leur ignorance les fâcheuses conséquences; au nord de l'île d'Eubée, dans la belle vallée d'Olympie, nous avons vu de nos yeux deux ou trois incendies énormes dévorant de magnifiques plantations. La montagne se dénude, puis se ravine de torrents nombreux; la terre végétale disparaît et le rocher reste seul nu et menaçant, déversant en quelques heures en torrents impétueux les eaux qui seraient si précieuses, si elles étaient retenues par d'abondantes plantations sur le haut des montagnes, emmagasinées dans des réservoirs et distribuées par des canaux d'irrigation.

Sur les bords du Copais, les irrigations ont été assez rationnellement établies, spécialement dans les plaines de Livadia et de Chéronée; plus de 6,000 hectares sont consacrés à des cultures de coton, de maïs et aux céréales. La plaine de Thèbes est irriguée aux environs de la ville; tout le reste est consacré aux céréales et est cultivé par les habitants de Thèbes qui sont possesseurs du sol; de là l'absence de tout village. Les terres irriguées se louent 500 à 600 francs l'hectare; celles qui ne le sont pas, 80 à 100 francs. Du côté oriental du lac, la nature montueuse du terrain restreint les plaines et ne permet pas un développement agricole comparable à celui des bords méridionaux et occidentaux; la petite plaine de Sengenà, qui descend au Likéri, n'a que 150 hectares; on y trouve une douzaine de cabanes, où se rendent quelques habitants de Karditza pendant l'époque des semailles et des récoltes; les résultats agricoles sont médiocres; de même dans la petite plaine d'Hungara. Sur les côtes de Négrepont, l'état agricole est rudimentaire; la population, albanaise d'origine, ne tire aucun parti du sol, quoique des bois de vigoureux oliviers sauvages montrent ce qui pourrait être tiré d'une terre convenablement irriguée et cultivée. Quelques pauvres villages, tels que Lonkiria, sont parsemés sur les flancs des montagnes qui découpent sur le ciel bleu leurs profils accidentés. Les terres qui forment le fond du Copais seraient évidemment des terres de haute fertilité. Nous en avons donné plus haut l'analyse: quelques échantillons dosaient 18 p. 1,000 à 22 p. 1,000 d'azote; l'acide phosphorique y figure par 1.5 p. 1,000 à 2 p. 1,000; la potasse seule semble un peu faire

défaut, ne figurant que par des traces ou par 1 p. 1,000 au maximum. On a la preuve des résultats qu'on pourrait atteindre, bien entendu, après la disparition des roseaux et avec un aménagement rationnel des eaux, par des cultures déjà faites sur les bords mêmes du lac ou à petite distance, et dont nous allons résumer les traits essentiels.

Le maïs vient admirablement sur des terres riches, telles que celles qui bordent immédiatement le lac actuel ou qui ont été gagnées sur lui.

Le rendement est variable, allant de 2,100 kilogrammes à 7,000 kilogrammes à l'hectare. Ces derniers rendements s'obtiennent surtout au nord-ouest du lac, vers Dzamali; ils ont atteint en certains points 9,700 kilogrammes. Les tiges sont plus hautes qu'un cavalier et on compte 4 à 5 épis par tige. Les prix de vente (M. Moule) sont 0 fr. 14 à 0 fr. 21 le kilogramme. Les revenus bruts à l'hectare varient de 300 francs à 1,000 francs et 1,300 francs. En comptant 9 à 10 francs de semence, 45 francs à 90 francs de main-d'œuvre, en tenant compte des impôts perçus souvent en nature au dixième, la dîme, on arrive à un revenu net de 200 francs à 710 francs l'hectare.

Le coton se plaît aussi sur les terres très riches; les irrigations lui sont indispensables, sauf sur des terrains essentiellement humides, comme ceux de Dzamali. Dans la plaine de Livadia les rendements sont de 1,200 kilogrammes sur terrains non irrigués, et de 1,900 kilogrammes à 2,000 kilogrammes sur terrains irrigués. A Dzamali les rendements atteignent 2,500 à 3,000 kilogrammes. Le prix de vente est de 2 fr. 30 le kilogramme. Le revenu net atteint 250 francs à 775 francs et, exceptionnellement, 1,000 francs.

Le blé convient aux terrains non irrigués, ou déjà partiellement épuisés par des cultures plus absorbantes, comme le maïs. En plaine, le rendement est de 10/1, soit de 2,800 kilogrammes environ; sur la lisière du lac, il atteint 15/1, ou 4,800 kilogrammes. L'irrigation fait passer ce rendement de 10/1 à 14 ou même 18 pour 1. Le prix de vente est d'environ 0 fr. 25 le kilogramme. Le revenu brut est de 700 francs à 1,200 francs, ramené par les frais de cultures et impositions entre 440 francs et 875 francs. Presque tout le blé est du reste consommé dans la contrée; quelquefois même la quantité produite est insuffisante, et les habitants doivent s'en procurer des provinces voisines.

La vigne a pris un développement remarquable, à une époque relativement récente, depuis 1870. Le vin produit est de qualité médiocre, toujours artificiellement résiné pour en assurer quelque peu la conservation et pour satisfaire au goût de tout bon Grec. Chaque famille possède 40 à 80 ares de vigne et consomme presque toute sa production. Le rendement est considérable : au couvent de Scripou, 2 hectares de vigne donnent couramment 22,000 à 26,000 kilogrammes de vin. Les frais de culture sont de 80 journées d'ouvriers et 10 journées de vendangeurs, représentant une dépense de 180 francs à 225 francs, le tout à l'hectare. On peut compter 18 francs de soufre, 60 francs à 72 francs de résine, soit une dépense totale de 270 francs à 315 francs. Le prix du kilogramme de vin étant de 0 fr. 09 environ, on arrive à un rendement net en argent d'à peu près 600 francs. Mais, nous le répétons, jusqu'ici l'exportation est à peu près nulle; les familles arrivent à consommer sur place jusqu'à 5,000 kilogrammes de vin, représentant une valeur de 500 francs. Cette nouvelle source de bien-être a heureusement diminué dans une certaine proportion les effets pernicieux des fièvres paludéennes.

Le riz a été essayé sur des terrains relativement peu riches ou épuisés, mais où l'eau peut être abondamment versée. Les résultats ont été peu réguliers, tantôt presque nuls, tantôt excellents, et donnant en quelques points un revenu net de près de 2,000 francs.

Quelques plantations de tabac ont bien réussi; il en est de même des betteraves, des chanvres, des haricots et légumes divers. Les melons de Moulki ont une réputation jusque sur le marché d'Athènes.

En résumé, Livadia et ses environs forment un ensemble agricole remarquable pour la Grèce, riche de plus de 18,000 habitants, produisant 1,300,000 kilogrammes de coton égrené, année moyenne, et atteignant 4 millions de kilogrammes certaines années. L'adjonction de 25,000 hectares du Copais serait un excellent appoint pour la richesse publique. Constatons, comme ombre au tableau, que dès aujourd'hui la main d'œuvre est rare et chère; la journée se paye de 2 francs à 2 fr. 50; les habitants du pays ont une énergie médiocre; chaque été des Tzaccous, habitants du Péloponèse, viennent au nombre de 400 à 500 prêter main forte pour les cultures et les récoltes. C'est une situation dont il conviendra de tenir compte, en préparant l'avenir agricole du Copais desséché.

II. — HISTORIQUE.

§ 1. TRAVAUX DES ANCIENS. — A une haute antiquité, les anciens Grecs avaient entrepris des travaux ayant sans doute pour but plutôt de parer aux inconvénients des crues extraordinaires que d'arriver à un dessèchement complet du lac. Strabon, vingt ans avant Jésus-Christ, parlait déjà de ces travaux comme remontant à une époque très reculée.

Dans la direction du col de Képhalari, qui va vers Larymna, on a retrouvé une série de 16 puits, avec des profondeurs de 18 à 63 mètres. La partie inférieure de ces puits devait être réunie par une galerie, tracée suivant des fissures naturelles; on a trouvé des traces de cette galerie, qui comportait 1 m. 45 de large au plafond et 1 m. 76 de hauteur sur l'axe; elle devait comporter, d'après les cotes de radier retrouvées, une longueur de 2,230 mètres, dont le tiers seulement semble avoir été exécuté.

Entre la baie de Karditza et l'Hylicus, on retrouve des excavations diverses, des tronçons de canaux, ébauchés à 8 ou 9 mètres au-dessus du niveau du lac, une tranchée de 25 à 30 mètres d'emprise vers le milieu du col, une dizaine de puits; il semble que les anciens aient eu l'idée de déverser au moins partiellement le Copais dans le Likéri. Enfin on trouve des vestiges d'un canal peu profond au canal d'Anthédon vers la mer.

§ 2. ÉTUDES DIVERSES. — Ce fut M. l'ingénieur des mines Sauvage qui appela de nouveau l'attention sur le lac Copais. Au cours d'un voyage en Grèce, dont il donna les intéressants résultats au point de vue géologique dans les *Annales des mines* de 1846, il examina de près le Copais et rédigea même, sur les instances de M. d'Eichthal, un projet de dessèchement complet qu'il remit au gouvernement grec. M. Sauvage construisait un canal de ceinture de 50 kilomètres de développement, aboutissant à la baie de Képhalari. Il se servait du Mélas dragué pour former son émissaire central sur

21 kilomètres. Les branches secondaires de dessèchement étaient au nombre de 5 et avaient une longueur totale de 49 kilomètres. Un tunnel évacuateur était percé dans la direction de Larymna sous le col de Képhalari, avec une section de 36 mètres carrés et une longueur de 1,550 mètres. Ce projet, conçu avec toute la largeur de vue qui a caractérisé toute la carrière de son auteur, avait l'inconvénient de ne comporter aucune réserve d'eau pour les besoins de l'agriculture; les débits étaient en outre évalués d'une manière un peu insuffisante.

Après quelques études de M. l'ingénieur des ponts et chaussées français Revol, M. Moule, ingénieur civil, émit en 1879 l'idée d'effectuer la vidange du lac Copais par les deux lacs Likéri et Paralimni réunis par des tranchées ou tunnels. Il admettait que le Likéri, dont le niveau serait remonté à la cote 84,50, servirait de réserve pour les eaux d'irrigation. Une usine à vapeur, située au débouché de la tranchée de Karditza, reprendrait les eaux emmagasinées au Likéri et les renverrait au Copais desséché. Le projet comportait, comme le projet de M. Sauvage, une série de canaux de dessèchement sillonnant le Copais, mais venant aboutir à la baie de Karditza pour se déverser au Likéri. Ce projet, dont le principe a servi de base à l'entreprise actuelle, avait l'inconvénient de maintenir une cote trop élevée au Likéri; on eût été conduit à des expropriations exagérées; on eût inondé les habitations; il fallait en outre installer une usine à vapeur considérable de 2,000 chevaux, dont la construction et surtout l'exploitation eussent entraîné à des dépenses excessives.

§ 3. ENTREPRISE ACTUELLE. — Enfin, en 1880, M. Vouro, soutenu par M. Skolondi, député au Parlement grec, obtint la concession actuelle par la convention du 30 mai 1880, ratifiée par décret royal du 11 juin de la même année. Une société anonyme française, au capital de 15 millions, fut formée pour exploiter la concession Vouro, et constituée par une assemblée générale en date du 14 octobre 1880. 8,000 hectares à prendre sur les terrains à dessécher étaient accordés en toute propriété à la société par le gouvernement grec. 16,000 hectares lui étaient concédés pour 99 ans. On lui assurait pour la même période la jouissance gratuite à Larymna des terrains nécessaires à l'installation d'un port et de magasins. La compagnie avait la jouissance des eaux venant des fleuves et torrents qui alimentent le Copais. Elle était affranchie pendant dix ans des droits de douane sur ses outils et son matériel. MM. les ingénieurs en chef des ponts et chaussées Taratte et Pochet reprenaient l'idée de M. Moule et la rectifiaient (M. Taratte, qui avait rédigé les premiers projets définitifs, mourut en quelques jours en 1881, en les apportant à Paris). La cote de la retenue au Likéri fut diminuée; une usine hydraulique fut substituée à l'usine à vapeur, le Likéri faisant toujours office de réservoir d'irrigation. MM. Pascal, inspecteur général des ponts et chaussées, et Larousse, consultés par la compagnie, donnaient un avis favorable. Le gouvernement grec approuva le projet d'exécution le 31 mai 1883. Les travaux, entamés dès 1882, furent alors poussés avec ardeur, au milieu de difficultés de toute espèce. Le 12 juin 1886, on put ouvrir l'émissaire de Karditza et écouler le Copais dans le Likéri. Les autres travaux vont se poursuivre dans les limites des ressources de la société, sous la direction générale de M. Pochet, qui a su mener à bonne fin la première partie si délicate de l'œuvre.

III. — EXPOSÉ GÉNÉRAL DU PROJET.

Les travaux projetés comprennent trois parties distinctes :

- 1° Le dessèchement proprement dit du lac;
- 2° La construction d'une ligne d'émissaires assurant l'écoulement des eaux à la mer;
- 3° Les travaux nécessaires pour la mise en culture et l'irrigation du périmètre desséché.

§ 1. **DESSÈCHEMENT DU LAC.** — Les travaux destinés à assurer le dessèchement du lac comportent, suivant la règle ordinaire, un canal de ceinture recueillant les eaux des affluents et les eaux ruisselant des versants du lac, et un canal de thalweg écoulant les eaux comprises dans le périmètre du canal de ceinture.

A. *Canal de ceinture.* — Il comprend deux parties : à l'ouest et au sud, le grand canal de ceinture proprement dit; au nord et à l'est, le canal du Mélas.

a. *Grand canal de ceinture.* — Le grand canal de ceinture s'étend du Céphyse à l'émissaire de Karditza, sur une longueur de 33 kilomètres (exactement 32,755 mètres). Il recueille les eaux du Céphyse, du Synoron, de l'Hercyne, du Pontgia, du Lophis et des ruisseaux secondaires des rives ouest et sud du lac. Les débits correspondants sont les suivants :

COURS D'EAU.	DÉBITS			OBSERVATIONS.
	D'ÉTIAGE.	DE CRUES ORDINAIRES.	DE GRANDES CRUES.	
	m. c.	m. c.	m. c.	
Céphyse et Synoron.....	2 500	100	154	Le débit des torrents et ruisseaux secondaires peut être évalué en étiage à 0 ^m 250, ce qui porterait le débit total d'étiage à 4 mètres cubes.
Hercyne.....	1 000	25	70	
Pontgia ou Pagaros.....	#	16	25	
Lophis.....	0 250	15	40	
TOTAUX.....	3 750	156	289	

Mais il convient de remarquer que les crues des divers affluents ne se superposent pas; elles passeront successivement dans le canal commun de ceinture. M. Pochet a admis en conséquence les portées suivantes pour ce canal :

Du Céphyse à l'Hercyne.....	90 m. c.
De l'Hercyne au Pontgia.....	110
Du Pontgia à l'émissaire.....	125

La section type est formée partout d'un lit mineur, destiné à écouler le débit normal et creusé dans le sol naturel, et d'un lit majeur, destiné à écouler les crues; ce dernier est limité par des digues latérales, en saillie sur le sol naturel et formées des déblais du lit mineur; des fossés d'assèchement sont ménagés à une certaine distance

des digues. Nous donnons (pl. II) les profils en travers du canal de ceinture dans ses diverses parties. Les dimensions essentielles de ces profils sont résumées dans le tableau ci-dessous :

LIMITE DES PROFILS.	LARGEUR D'APPLI- CATION.	LIT MINEUR		LIT MAJEUR				DIGUES.		
		LONGUEUR au plafond.	PROFON- DEUR.	LONGUEUR d'axe en axe des digues.	PROFONDEUR en HAUTES EAUX		RE- VANCHE au- dessous de la cote des digues.	HAU- TEUR.	LARGEUR	
					au lit mineur.	au lit moyen.			du côté des digues.	du côté des fossés.
Du Céphyse à l'Hercyne.	mètres. 4,105	mètres. 9	m. 2	m. 69 30	m. 3 10	m. 1 10	m. 0 50	m. 1 60	m. 4	m. 5
De l'Hercyne au Pontgia.	6,900	11	2	74 90	3 30	1 30	0 50	1 80	4	5
Du Pontgia au Lophis. . .	12,000	12	2	80 20	3 40	1 40	0 50	1 90	4	5
Du Lophis à l'émissaire..	9,750	22	x	52 00	3 50	x	0 50	x	6	6

Le fossé d'assèchement, recueillant les eaux du côté des versants, est à une distance de 5 mètres du pied des digues; sa largeur au plafond est de 0 m. 35, et ce plafond est établi à une hauteur de 1 mètre au-dessus de celui du lit mineur.

La pente disponible d'une extrémité à l'autre du canal est d'un peu plus de 10 mètres, de la cote 90 m. 50 à la cote 100 m. 79; en partant du Céphyse, la pente par mètre passe par les valeurs suivantes jusqu'à la jonction avec le Lophis : 0 m. 0005 sur 2,852 m. 75; — 0 m. 0004 sur 2,729 mètres; — 0 m. 0003 sur 5,471 mètres; — 0 m. 00028 sur 12,000 mètres.

Entre le Lophis et l'émissaire, la pente et la profondeur ne sont pas encore arrêtées définitivement; on voit, en effet, d'après le plan général, que le canal, qui jusque-là a suivi à peu près les berges du Copaïs, pénètre à partir du Lophis dans le lac lui-même, laissant à sa droite la baie de Moulki; le canal sera établi en plein marécage, et l'expérience montrera les détails d'exécution à adopter.

En plan, le tracé du canal est formé d'alignements droits raccordés par des courbes de 300 mètres de rayon; dans ces conditions, aucun ravinement ni aucun dépôt encombrant ne semblent à craindre.

Le canal de ceinture est alimenté par les divers cours d'eau, affluents du lac, et par le fossé latéral aux digues. Le Céphyse est dérivé dans le canal par un barrage (voir pl. III, fig. 2). L'Hercyne, le Pontgia, le Lophis, les ruisseaux de Siakko et de Vras-tamités sont rectifiés et endigués dans toute leur partie basse suivant des types analogues à celui du canal de ceinture, c'est-à-dire avec lit mineur, lit majeur, digues et fossés latéraux (voir pl. IV).

ENDIGUEMENTS.	LIT MINEUR.		LIT MAJEUR.			DIGUES.		FOSSÉS.			PROFONDEUR.
	LARGEUR au plafond.	PROFON- DEUR.	LARGEUR entre les digues.	PROFONDEUR		LAI- GUEUR.	HAU- TEUR.	DISTANCE de l'axe.	LARGEUR		
				AU LIT mineur.	AU LIT majeur.				du plafond.	en gucule.	
	mètres.	m.	mètres.	m.	m.	mètres.	m.	m.	m.	m.	m.
Hercyne.	8	1 90	56	3 40	1 50	4	1 50	39 00	0 50	1 50	0 50
Pontgia.	4	1 80	26	2 80	1 00	4	1 00	21 50	0 50	1 50	0 50
Siakko et Vrastamitès..	5	0 50	18	1 20	0 70	4	0 70	17 00	1 20	3 20	1 00
Lophis.	9	0 50	23	1 50	1 00	4	1 00	21 00	2 50	4 50	1 00

On remarquera l'importance donnée au lit majeur, vu le caractère torrentiel de ces divers affluents.

Le Lophis, traversant dans son cours inférieur les berges marécageuses, voisines de Moulki, est muni d'importants fossés latéraux destinés à recueillir les eaux de chaque côté de l'endiguement. D'une manière générale, les endiguements auront pour effet non seulement de conduire les eaux des affluents au canal de ceinture, mais encore d'empêcher les divagations des crues dans les parties basses et marécageuses voisines du lac et de gagner ainsi à la culture d'importantes surfaces. . . . Ce sera spécialement le cas pour la dérivation et l'endiguement de l'Hercyne (voir pl. III, fig. 1).

Les eaux du fossé latéral aux digues pourront gagner le canal de ceinture à l'aide de vannages ménagés dans les digues. Ces vannages munis de vannes métalliques (voir pl. VII) commandent un ou deux petits aqueducs en maçonnerie demi-circulaires de 0 m. 60 de hauteur sous clef (voir pl. V). On compte 12 de ces aqueducs de rentrée d'eau sur les 23 kilomètres qui s'étendent entre le Céphyse et le Lophis.

De nombreux siphons pour passage d'anciens canaux d'irrigation, des aqueducs pour passage de ruisseaux, des ponts et passages à niveau pour les quelques routes ou sentiers rencontrés complètent l'ensemble des ouvrages prévus.

Les mouvements de terre pour le canal de ceinture et ses annexes sont considérables; ils exigent, pour le canal proprement dit, un déblai de 1,535,000 mètres cubes et, pour les affluents, 125,000 mètres cubes, ce qui donne un total de 1,660,000 mètres cubes.

Entre le Lophis et l'émissaire, on compte employer la drague, au moins sur la partie centrale, en achevant au besoin l'élargissement à bras d'homme.

b. *Canal du Mélas.* — Le canal du Mélas, qui complète la ceinture au nord et à l'est, recueille les eaux de la rivière du même nom dont nous avons indiqué le caractère tout spécial; il est également alimenté par un canal de décharge du Céphyse, faisant suite à l'ancien cours de ce fleuve, au delà du barrage de dérivation du grand canal de ceinture; il réunit enfin les eaux des berges septentrionales, assez abruptes, du lac Copais. Après avoir suivi sensiblement le cours de l'ancien Mélas, entre le canal de décharge du Céphyse et l'île Stroviki, son tracé va gagner presque en ligne droite l'émissaire de Karditza; son développement total est de 28 kil. 700, avec une pente de 0 m. 0002 relevée à 0 m. 00045 sur le canal de décharge du Céphyse, lequel compte une longueur de 1,300 mètres. Le cube prévu à débiter est évalué à

15 mètres cubes à la seconde, dont 5 mètres cubes pour le Mélas et 10 mètres cubes pour le Céphyse. Ces 15 mètres cubes, après avoir suivi le canal principal jusqu'à l'île Stroviki, se partageront en ce point en deux parts : 7 mètres seront déversés dans l'ancien lit du Mélas pour aller gagner le grand katavothre de la baie de Képhalari, 8 mètres suivront le canal pour gagner l'émissaire de Karditza. Pendant l'exécution des travaux, on compte sur la puissance d'absorption du grand katavothre pour absorber la totalité des eaux provenant du Céphyse et du Mélas.

Le canal du Mélas exigera un mouvement de terre de 156,000 mètres cubes, dont 11,000 mètres cubes pour la dérivation, 123,000 mètres cubes pour le canal proprement dit, et 22,000 mètres cubes dans l'ancien lit du Mélas.

On compte faire presque tout le travail à la drague, les déblais servant à former les digues latérales.

B. *Canal intérieur ou de thalweg.* — Le canal de thalweg suit les points bas de la cuvette du lac, situés à la cote 94 m. 40. Il part du pied du promontoire de Scripou, se rapproche de la berge sud et vient déboucher à l'émissaire de Karditza. Il dessert une surface de 10,000 hectares environ, dont il devra écouler toutes les eaux météoriques. On compte que son débit en hautes eaux sera de 5 mètres cubes. A son débouché à l'émissaire, un vannage empêchera la rentrée des crues dans le canal. Le canal de thalweg exigera un mouvement de terres de 320,000 mètres cubes. Les déblais seront exécutés à sec, après le dessèchement général du lac Copais.

Le canal intérieur recevra, pour assurer l'assèchement complet et permanent du Copais, une série de canaux secondaires et tertiaires dont l'étude et l'exécution suivront les grands travaux des canaux principaux et des émissaires.

§ 2. ÉMISSAIRES. — La ligne des émissaires assure l'évacuation des eaux du Copais à la mer par une série d'ouvrages reliant le Copais au Likéri, au Paralimni et enfin à la baie d'Anthédon. La chute totale, comptée au radier, est de 89 m. 05. Les émissaires se répartissent de la manière suivante (voir pl. I) :

1° Entre le Copais et le Likéri, une tranchée et un tunnel, creusés au col de Karditza, amènent les eaux au Likéri, qui se maintient actuellement à la cote 52 et dont le niveau sera relevé à la cote 80. A cette cote, on évite toute inondation fâcheuse des berges;

2° Entre le Likéri et le Paralimni on établit une double voie d'écoulement : un déversoir du côté de Moriki et un tunnel sous le col d'Hungara. Le déversoir assurera en tout état de cause la cote 80 au lac Likéri et écoulera les eaux excédentes au Paralimni; le tunnel permettra d'utiliser la chute disponible entre les deux lacs pour constituer une usine hydraulique remontant une partie des eaux au Copais et assurant l'irrigation du périmètre desséché. Le niveau du Paralimni, actuellement à la cote 36, sera remonté à la cote 55, assurant une chute disponible de 35 mètres et évitant l'inondation excessive des bords, du reste raides et peu fertiles;

3° Entre le Paralimni et la mer, un tunnel sera percé sous le col d'Anthédon.

Nous donnerons quelques détails sur ces divers ouvrages :

1° *Émissaire de Karditza.* — L'émissaire de Karditza réunit à son origine les trois grands canaux évacuateurs, le canal de ceinture méridional, le canal du Mélas, le canal intérieur. Le raccord se fait par des chutes, donnant une vitesse assez forte pour

éviter tout dépôt encombrant et pour permettre la réduction des larges dimensions des plafonds des canaux aux largeurs plus restreintes de la tranchée d'évacuation et du tunnel. A cet effet, une chute de 1 m. 40, de la cote 90 m. 45 à la cote 89 m. 05, est ménagée sur 80 mètres de long au canal de ceinture, et sur 100 mètres de long aux canaux du Mélas et intérieurs, formant en ce point un tronc commun. Il en résulte des pentes de 0 m. 0175 pour le premier et 0 m. 014 pour les seconds. Des perrés garnissent les berges pour éviter leur ravinement.

L'émissaire, après une grande courbe de 500 mètres de rayon, entre en tranchée au col de Karditza. La tranchée a une longueur de 2,760 mètres. Elle a une largeur de 6 mètres au plafond, des berges inclinées à 45° et une profondeur d'eau de 5 mètres. Elle est perreyée au fond et sur les talus (voir pl. VI, fig. 1). En cas de traversée de rochers à la mine, les talus sont roidis au dixième, naturellement avec suppression de tout perré. Sa pente est de 0 m. 0006.

Un tunnel de 672 mètres de longueur lui fait suite. Ce tunnel est tantôt maçonné dans les terrains d'une résistance insuffisante, tantôt simplement percé dans le rocher. Sa section mesure une hauteur libre sous clef de 7 m. 35 et 7 m. 50, et une largeur en plafond de 5 m. 19 et 6 mètres suivant le cas. Dans la partie maçonnée, la surface du déblai est de 54 m. q. 59 et le cube de la maçonnerie de 12 m. c. 67 au mètre courant, avec une épaisseur moyenne de 0 m. 50. Une chute de 0 m. 50 est ménagée à l'entrée du tunnel. Sa pente moyenne est de 0 m. 0025.

Une deuxième tranchée, du type de la tranchée d'amont, règne sur une longueur de 815 mètres à la sortie du tunnel; elle a la même pente que le tunnel, soit 0 m. 0025.

L'ensemble de l'émissaire de Karditza exige 342,000 mètres cubes de déblais, dont 12,000 mètres cubes en roche dure; les revêtements du tunnel donnent un cube de 2,700 mètres cubes de maçonnerie. Ce sont des ouvrages d'une importance capitale et d'une exécution spécialement difficile dans les conditions où ils ont dû et doivent être poursuivis.

2° La communication entre le Likéri et le Paralimni a lieu par les deux voies du déversoir de Moriki et du tunnel d'Hungara (voir pl. III, fig. 3).

A. *Déversoir de Moriki.* — Ce déversoir est établi à l'emplacement d'un seuil naturel de 30 mètres de large situé à la cote 84 m. 50. On l'arase à la cote 79 mètres sur une largeur de 50 mètres. Il sera muni d'un barrage provisoire en terre de 1 mètre de hauteur et, ultérieurement, d'un barrage à hausses mobiles avec pont de service. Il exigera un déblai d'environ 76,000 mètres cubes.

B. *Tunnel d'Hungara.* — Le tunnel d'Hungara sera précédé et suivi de tranchées d'une longueur totale de 1,632 mètres; il aura lui-même un développement de 1,030 mètres. Ces ouvrages seront exécutés dans des calcaires plus ou moins fissurés et dans des schistes qui exigeront presque partout un revêtement. La section sera de forme circulaire, de 3 m. 80 de diamètre avec maçonnerie de 0 m. 70 d'épaisseur dans les schistes et de 0 m. 80 dans les terrains disloqués (voir pl. VI, fig. 3). Elle offrira une surface de 11 m. q. 34; lorsqu'on sera en rocher dur, la maçonnerie sera supprimée et la surface libre atteindra 20 mètres carrés. On prévoit que, sur une trentaine de mètres, les schistes seront tellement éboulés et les rochers tellement disloqués qu'il faudra recourir à un tube en tôle de 0 m. 007 d'épaisseur. La cote moyenne du radier

du tunnel sera 60 mètres, descendant à 58 mètres au canal des turbines. A l'amont, le tunnel sera muni de six vannes de prise d'eau, masquant chacune des ouvertures de 1 m. 75 de haut sur 0 m. 90 de large. Ces vannes, exposées à être soumises à des pressions de 22 mètres, seront soulagées par des clapets en fonte, manœuvrés par des câbles qui permettent d'établir l'égalité de pression sur les deux faces au moment des manœuvres. A l'aval du tunnel, se trouvera l'usine hydraulique alimentée par un tube de force motrice en tôle de 4 mètres de diamètre, engagé de 50 mètres dans le tunnel; l'usine, dont les détails ne sont pas encore fixés, comportera des turbines, des vannes de prise d'eau et d'évacuation, etc.

C. *Tunnel d'Anthédon.* — Le tunnel d'Anthédon, d'une longueur de 860 mètres, est compris entre deux tranchées de 333 m. 50 à l'amont et 243 mètres à l'aval. Il présente en section des types divers suivant les terrains rencontrés. En rocher solide, il a la forme d'un trapèze de 3 m. 60 de haut et 3 m. 76 de largeur moyenne avec calotte circulaire de 1 mètre de flèche. En conglomérat calcaire, il est revêtu de maçonnerie sur 0 m. 40 d'épaisseur et est formé d'un radier en arc de cercle et d'une voûte de 4 m. 05 de hauteur sur 4 m. 20 de large. Dans les parties où le rocher est assez résistant pour former les pieds-droits, la section comprend un trapèze de 2 m. 30 de hauteur surmonté d'une voûte circulaire de 1 m. 90 de rayon. Enfin les tranchées d'accès sont de forme trapézoïdale, avec 3 m. 40 de large au plafond et talus au dixième (voir pl. VI, fig. 2).

L'ouvrage a son seuil d'amont à la cote 51,40 correspondant à une charge d'eau de 3 m. 60 quand le Paralimni sera à son plein à la cote 55.

La pente du radier est de 0 m. 002. Le tunnel débitera ainsi 32 mètres cubes à la seconde et environ 400 millions de mètres cubes par an. Il donnera une force disponible de 12,000 chevaux-vapeur par la chute de raccord entre son extrémité aval et la mer. Cette chute pourra être utilisée pour créer ultérieurement un centre industriel.

Le tunnel et les tranchées d'Anthédon exigent un déblai de 26,000 mètres cubes, dont 19,000 en terre et 7,000 en rocher. Les revêtements s'étendent sur 285 mètres en amont et 424 mètres en aval dans les parties formées de calcaires fissurés ou de conglomérats argileux, se délitant à l'eau; ils sont constitués par 2,511 mètres cubes de maçonnerie.

§ 3. *OUVRAGES POUR L'IRRIGATION ET LA MISE EN CULTURE.* — Ainsi qu'il ressort de l'exposé que nous avons présenté des conditions agricoles de la région du Copaïs, les irrigations sont indispensables pour assurer d'abondantes récoltes; il fallait donc prévoir, sur les terrains desséchés, tout un système d'ouvrages. Or, en été, l'eau devait faire presque absolument défaut si on n'établissait pas une réserve importante alimentée par les crues d'hiver et de printemps: on a vu quelles étaient les chaleurs et par suite l'intensité de l'évaporation pendant la période estivale; le peu d'eau que fournissent normalement le Céphyse et l'Hereyne était déjà consacré à des irrigations auxquelles il ne fallait pas songer à porter atteinte. C'est ainsi qu'on fut conduit à se servir du profond entonnoir formé par le Likéri pour constituer le réservoir d'irrigation.

Le Likéri fut alimenté par le Copaïs, dans les conditions indiquées plus haut. On a bouché tous les katavothres des berges, de manière à réaliser l'étanchéité la plus parfaite qu'il fût possible d'obtenir en pratique.

D'autre part, le tunnel d'Hungara alimentera l'usine hydraulique du Likéri. Cette usine élèvera 4 mètres à la seconde. Elle consommera, pendant les mois d'irrigation, 396 millions de mètres cubes, dont 53 destinés aux irrigations du Copaïs, et 343 s'écoulant au Paralimni.

Le canal principal d'irrigation partira du col d'Hungara à la cote 109 mètres. Il se développera à flanc de coteau le long du Likéri. Il gagnera, par un tunnel de 300 à 400 mètres, la plaine de Sengena et le col de Karditza, atteignant ainsi un développement de 11 kilomètres de longueur. Arrivé au Copaïs, il se divisera en plusieurs branches; 2 mètres cubes seront dirigés vers la baie de Karditza et vers les régions nord du Copaïs; le reste continuera sa route et ira arroser les parties méridionales et occidentales vers Mouлки, Pétra, San Dimitri. Le canal se terminera ainsi à la cote 99, au pied du promontoire de Scripou, après avoir décrit autour du lac, avec une pente de 0 m. 20 par kilomètre, un circuit de 45 kilomètres de longueur.

On compte disposer pour les irrigations d'un cube minimum de 6 mètres cubes à la seconde, dont 4 mètres cubes fournis par l'usine d'Hungara et le grand canal d'irrigation, et 2 mètres cubes fournis par le Mélas. Dans les années humides, le Géphyse donnera un appoint de 2 mètres cubes réduits à zéro dans les années sèches. On pourra arroser ainsi une superficie de 10,000 hectares, ou au moins de 6,000 hectares, même dans les années sèches. On constituera un domaine irrigué considérable, auquel se joindront les terres en culture à sec, généralement fertiles, comme le sont déjà 2,000 hectares de terrains riverains du lac et situés sur le domaine concédé. On espère que la main-d'œuvre deviendra plus abondante, grâce à des immigrations d'habitants pauvres de la Locride, de Calabrais, de Grecs de l'Asie-Mineure; les terrains plats du lac se prêteront du reste admirablement à l'emploi des machines.

Les cultures seront calquées sur celles qui sont déjà réalisées aux environs du lac dans les conditions indiquées au premier chapitre de ce travail. Au printemps, on cultivera le blé, l'orge, le seigle, les fèves, l'avoine; à l'automne, le coton, le maïs, le sésame, l'anis, les pois chiches, le blé d'Arabie. On cherchera à développer le tabac et la betterave, sans négliger une culture spéciale au pays, qui s'accommode bien des conditions estivales de la région et produit un bon rendement entre les saisons du printemps et de l'automne, la diménite, sorte de blé, inférieure comme poids et comme couleur de farine, mais qui fournit un pain de bon goût et qui a l'avantage de ne rester guère plus de deux mois en terre.

Tout compte fait, on espère des revenus bruts de 4 à 10 millions de francs.

§ 4. OUVRAGES ACCESSOIRES DIVERS. — Nous mentionnerons comme ouvrages accessoires de la vaste entreprise du dessèchement proprement dit :

1° Une route de 16 kilomètres de longueur établie le long de la rive est du lac, entre la route de Thèbes à Livadia et Karditza;

2° Le report, à flanc de coteau, de la route de Thèbes à Karditza le long du Likéri, l'ancienne route étant atteinte par le niveau des eaux relevées;

3° Le pont en maçonnerie en arc de cercle par lequel la même route franchit la tranchée amont du grand émissaire de Karditza;

4° Les logements, hôpitaux, etc., construits aux chantiers de Karditza et d'An-

thédon pour leur nombreux personnel, isolé au milieu d'une contrée sauvage et sans ressources.

IV. — SITUATION DES TRAVAUX.

§ 1. *ÉTUDES ET EXÉCUTION DES TRAVAUX.* — La période d'études qui a spécialement compris les années 1881 et 1882 a comporté des difficultés dont on ne saurait se faire une idée sans avoir parcouru la contrée ou les parties voisines de la Grèce. Le climat était excessif, les températures arrivant en été à 28 ou 30° pendant des semaines entières et atteignant 35°, avec de longs mois sans une goutte de pluie. Aucun abri n'existait pour le personnel, exposé sans défense possible aux émanations paludéennes. Pour lever les profils en travers du lac, il fallait se frayer un chemin à travers une forêt de roseaux, circuler dans une barque plate, passer souvent la nuit en plein marais.

Les mêmes obstacles se retrouvèrent sur une échelle bien autrement élevée quand, en 1883, les travaux furent entamés en grand. Les habitants du pays, quelque peu acclimatés, étaient d'une ressource à peu près nulle; grands et forts d'apparence, superbes avec leurs fustanelles, leurs guêtres et leur calotte à long gland bleu, ils étaient des terrassiers absolument insuffisants, se nourrissant mal, vivant de quelques olives, d'un morceau de pain et d'eau claire, et par suite incapables de dépenser d'une façon suivie une dose un peu notable d'activité musculaire. Il n'y avait dans le pays aucun ouvrier spécial, charron, mineur, mécanicien, etc. Tout le personnel vint du dehors, Italiens en grande partie, Monténégrins, Persans. Aucune ressource comme matériel; tout l'outillage dut venir du Pirée, distant de 90 kilomètres, et il était très souvent tiré de Marseille. Le port le plus rapproché, celui de Khalin, se trouvait à 55 kilomètres. Les prix de transport s'élevaient à 0 fr. 70 par tonne et par kilomètre.

La direction des travaux chercha d'abord à fonctionner à l'aide d'entreprises; un entrepreneur français s'était chargé des travaux au lac Copais; des entrepreneurs grecs devaient travailler à Moriki, Hungara, Anthédon. Des difficultés de toute espèce furent bientôt soulevées par ces divers entrepreneurs; les marchés furent résiliés, non sans conséquences contentieuses. Depuis le mois de janvier 1884, la compagnie exécute tous ses travaux directement, sous la haute impulsion de M. l'ingénieur en chef Pochet.

§ 2. *SITUATION DES TRAVAUX.* — Au moment de notre visite, c'est-à-dire en septembre 1886, l'état d'avancement des divers ouvrages était le suivant :

A. *Dessèchement du lac.* — Le Mélas avait été approfondi à la drague entre le grand katavothre et le cap de Tropolias. On avait exécuté des terrassements partiels sur la dérivation future du Céphyse vers le Mélas.

B. *Émissaire.* — L'émissaire de Karditza était terminé et mis en eau depuis le 12 juin. A cette date, l'inauguration solennelle avait eu lieu en présence des ministres grecs, du ministre de France, des missions militaire, maritime et des travaux publics, représentées par M. le général Vosseur, M. l'amiral Lejeune, M. l'ingénieur en chef des ponts et chaussées Rondel et ses deux dévoués collaborateurs, MM. les ingénieurs Gotteland et Quellenec, du directeur de l'École d'Athènes, etc.

Une prise d'eau à rideaux mobiles avait été ménagée sur 3 mètres de hauteur et devait régler l'introduction des eaux dans la tranchée. Quelques heures après l'inauguration, le barrage fut emporté, culbuta la drague à vapeur et enleva une certaine étendue des berges. Malgré cet incident imprévu, l'émissaire a fonctionné dans d'excellentes conditions et a montré sa puissance parfaite d'évacuation. Les perrés de la tranchée d'amont ont résisté; l'eau est montée sous le pont de la route de Karditza à une hauteur de 6 m. 30, soit 1 m. 30 de plus que la hauteur prévue pour l'écoulement des crues. A la tête du tunnel, l'eau a atteint 6 m. 45. Il s'est créé une chute de 3 m. 40 entre les deux têtes, correspondant à une pente de 0 m. 00505 par mètre. Dans la plaine de Sengena, les eaux se sont créées un lit naturel de 15 mètres de large sur 2 à 5 mètres de profondeur. Le niveau de Likéri a monté de 0 m. 60 à 0 m. 70 par jour et passé de la cote 52 mètres à la cote 62 m. 28, tandis que le Copais baissait de la cote 96 m. 65 à la cote 94 m. 86 et ne conservait qu'une hauteur d'eau de 0 m. 40 aux points les plus bas. Une fois l'écoulement opéré, le Copais ne présentait plus que l'aspect d'un immense champ de roseaux; l'hiver 1886-1887 ayant été remarquablement sec, le dessèchement est actuellement à peu près complet (août 1887). Au Likéri, on n'a constaté qu'une baisse insignifiante après le remplissage, 0,01 environ par jour, ce qui démontre l'étanchéité pratique de ce lac réservoir.

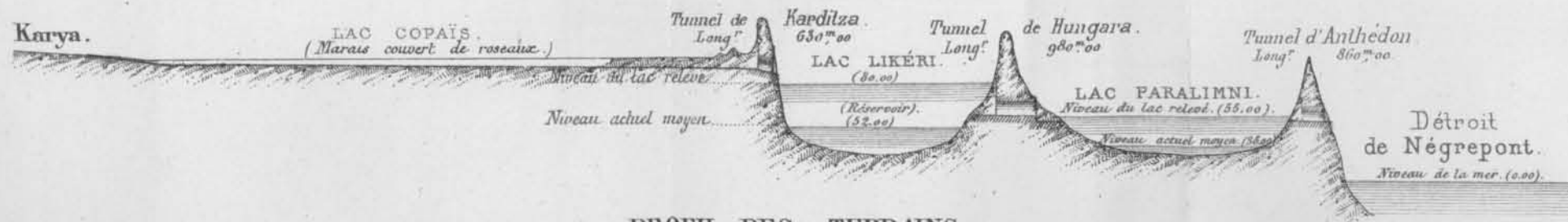
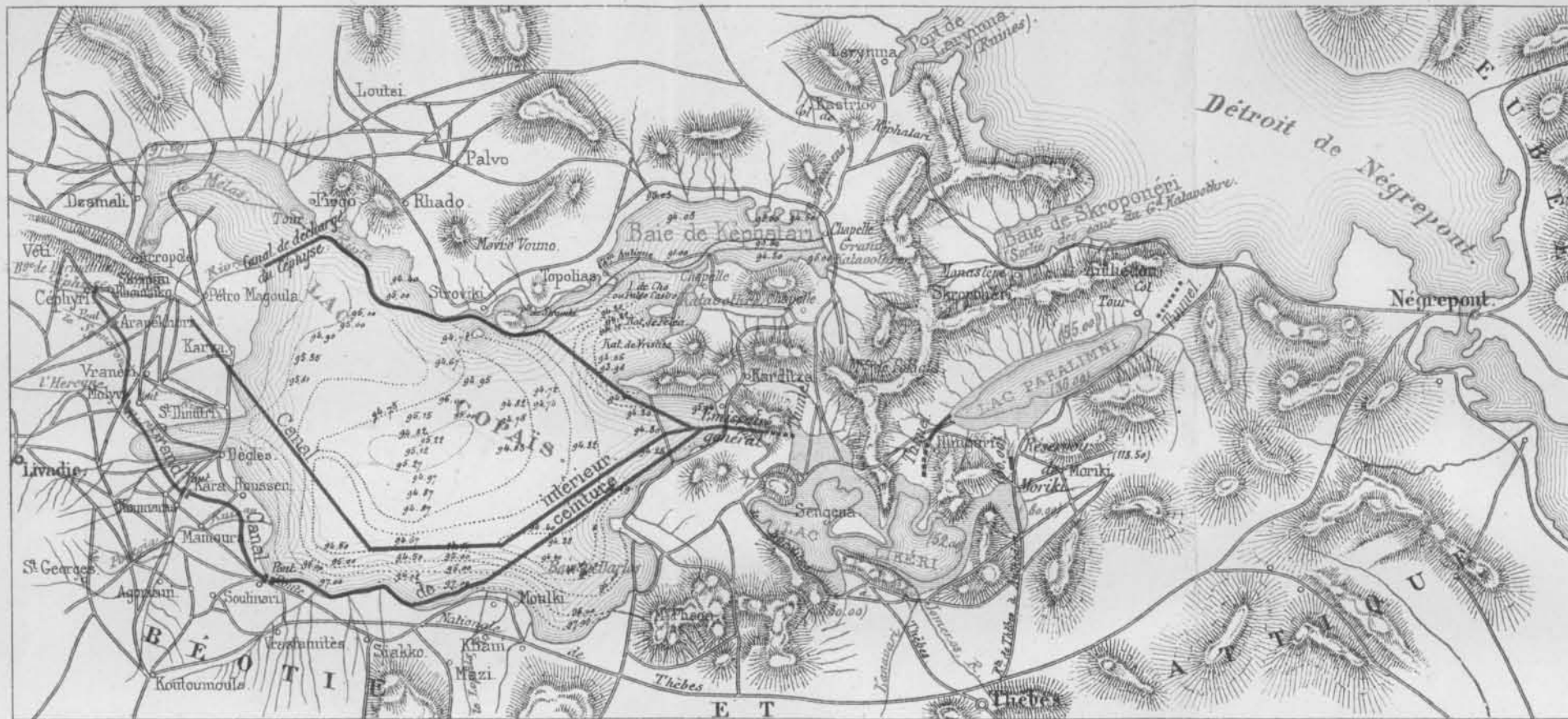
Entre les lacs Likéri et Paralimni, le déversoir de Moriki est assez avancé comme terrassements. Le tunnel de Hungara est percé sur 300 mètres. La tranchée amont est pour ainsi dire terminée; on a déblayé 13,400 mètres cubes de terres et 3,700 mètres cubes de roches. On a exécuté le tiers environ de la tranchée aval.

Le tunnel d'Anthédon, émissaire du Paralimni, avait ses tranchées d'accès et sa galerie de direction terminées en septembre 1886; il était lui-même achevé au tiers environ. On l'a terminé dans l'hiver 1886-1887; les revêtements sont faits sur 160 mètres; il reste 300 mètres à revêtir.

Quant aux travaux de dessèchement proprement dits du Copais : creusement du canal de ceinture, du canal intérieur, des canaux secondaires; quant à l'usine hydraulique d'Hungara et au canal d'irrigation, rien n'est encore entamé. Il y a donc une œuvre considérable à accomplir pour arriver à la réalisation complète de l'opération. Il faut espérer que les ressources de la Société et le dévouement de ses ingénieurs sauront surmonter ces dernières difficultés.

En résumé, le dessèchement et la mise en culture du lac Copais constituent une œuvre grandiose et digne de tout l'intérêt de l'ingénieur et de l'agriculteur. Transformer en terre arable, d'une fertilité exceptionnelle, 25,000 hectares dans un pays où tant de surfaces échappent aujourd'hui au travail de l'homme, faire disparaître du même coup un foyer permanent d'insalubrité, tout cela constitue une opération à la fois séduisante et rationnelle. Le dessèchement semble dès aujourd'hui assuré; la mise en culture, le service des irrigations à l'aide du Likéri et d'une usine élévatoire sont encore à l'état de projet. Lorsqu'on se trouve en présence de l'immense mer de roseaux qui recouvre le Copais à peu près desséché, lorsqu'on réfléchit à la somme de main-d'œuvre et de travaux de détail nécessaires pour assainir cet immense marais et le débarrasser définitivement des végétations aquatiques qui le recouvrent, on éprouve, nous devons l'avouer, quelque peu d'inquiétude sur le succès définitif et final. Mais cependant la partie des travaux déjà exécutés a été menée à bonne fin dans de telles

PLAN GÉNÉRAL.

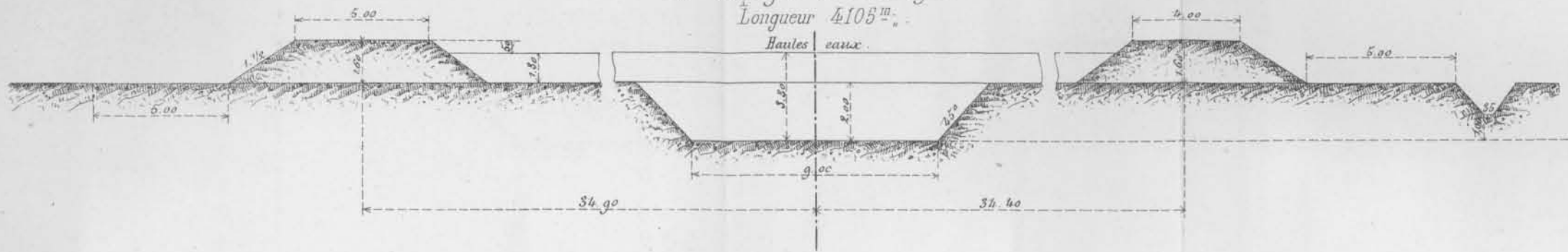


PROFIL DES TERRAINS
entre le lac Copais et la mer suivant la ligne des Emissaires.

PROFILS TYPES DU GRAND CANAL DE CEINTURE.

Du Céphyse à l'Hercyne

Longueur 4105^{m.}



De l'Hercyne au Pontgia.

Longueur 6900^{m.}



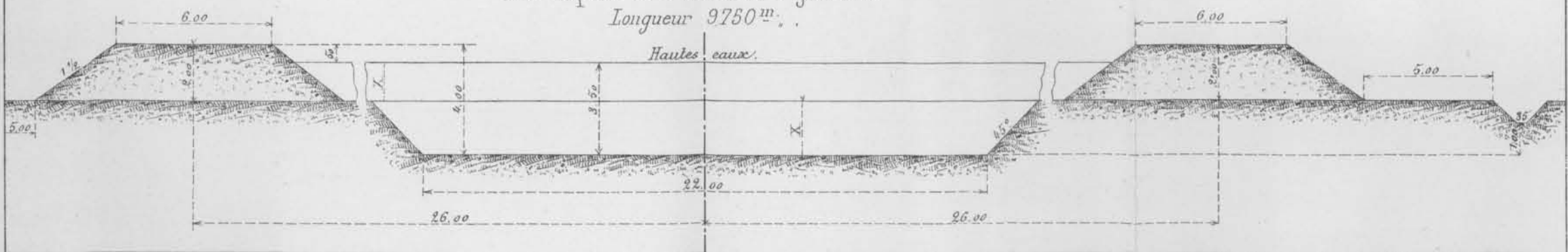
Du Pontgia au Lophis.

Longueur 12,000^{m.}



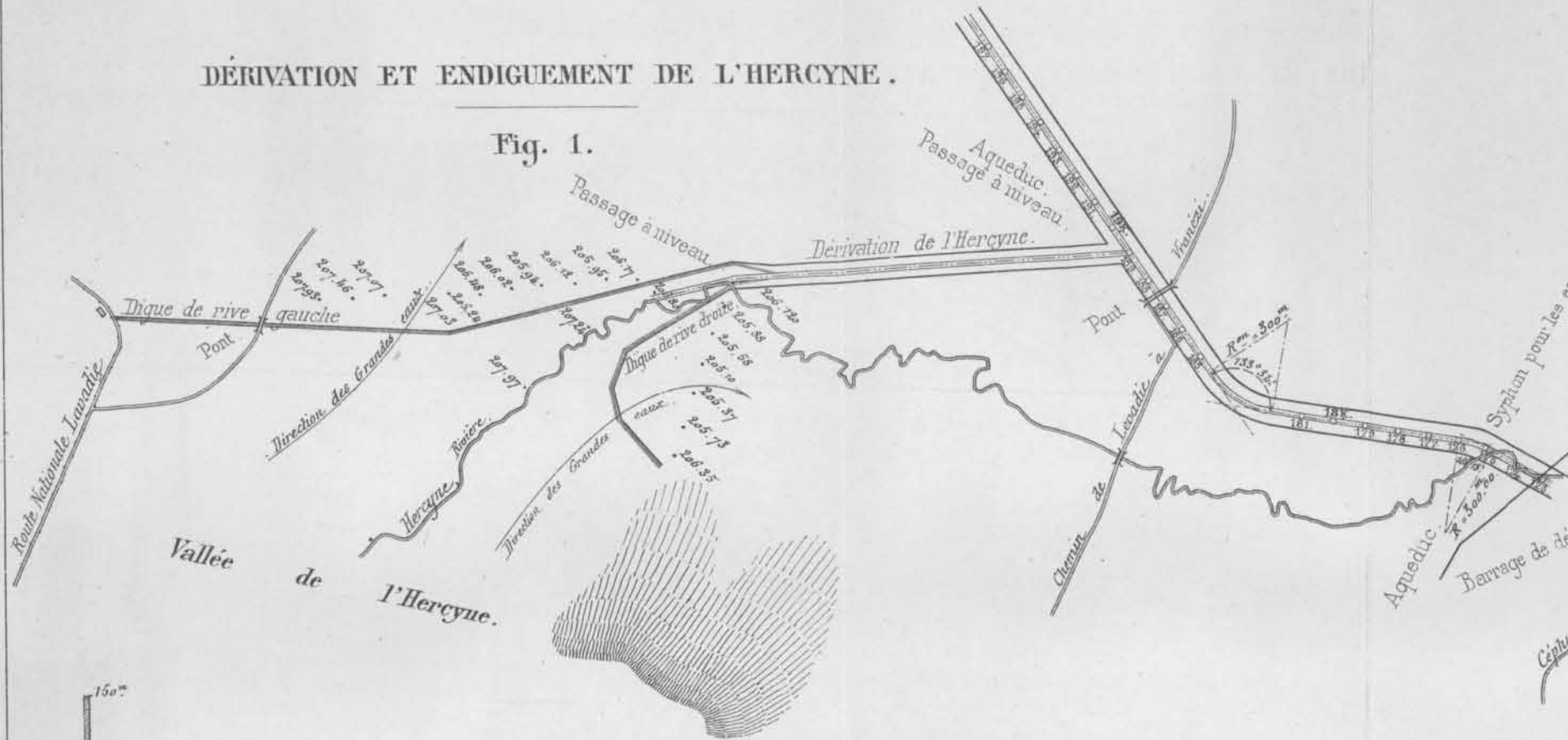
Du Lophis à l'Émissaire général.

Longueur 9750^{m.}



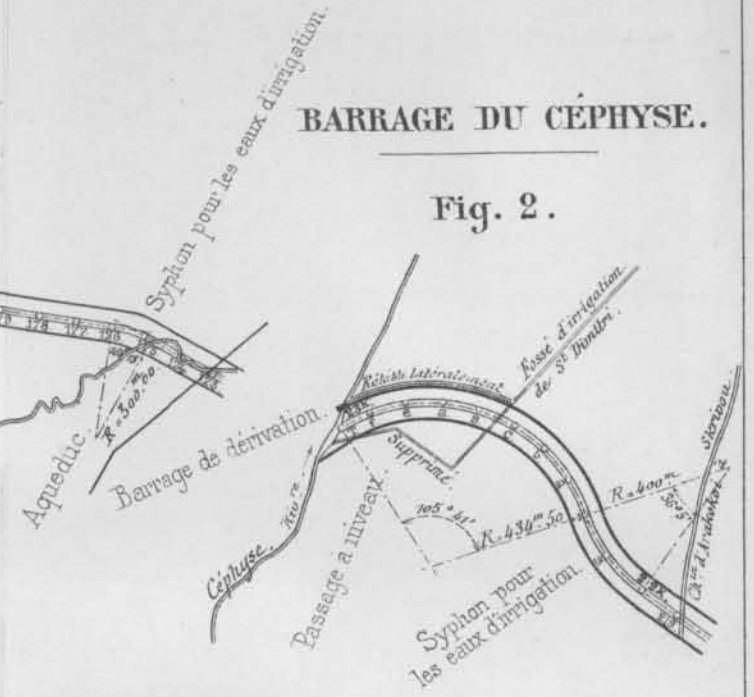
DÉRIVATION ET ENDIGUEMENT DE L'HERCYNE.

Fig. 1.

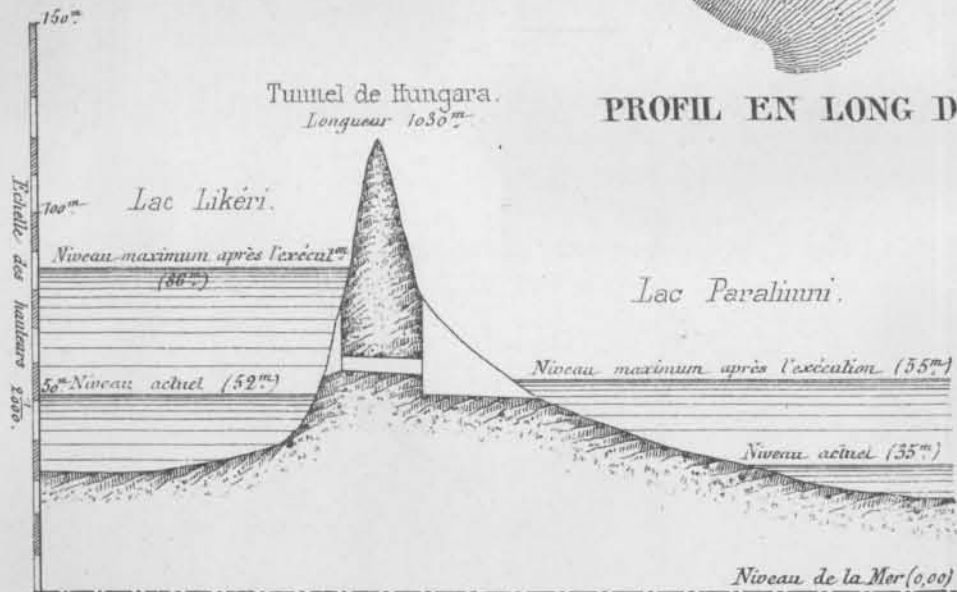


BARRAGE DU CÉPHYSE.

Fig. 2.

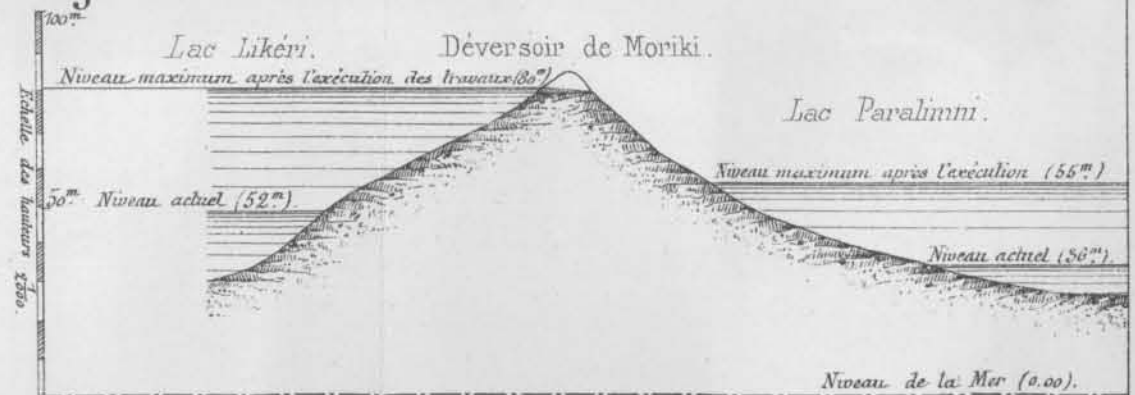


PROFIL EN LONG DU DÉVERSOIR DE MORIKI ET DU TUNNEL D'HUNGARA.



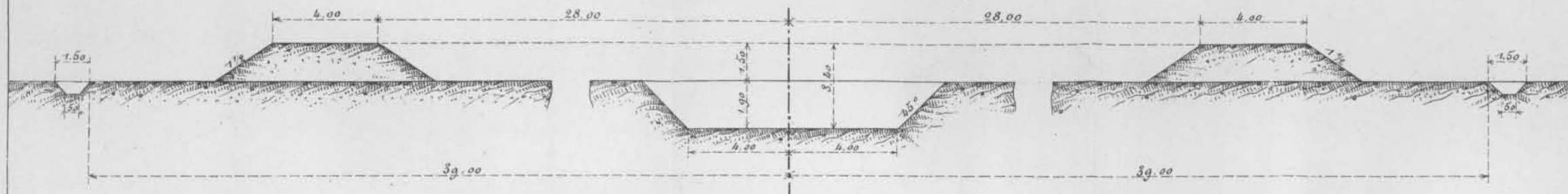
Profil du Tunnel de Hungara.

Fig. 3.

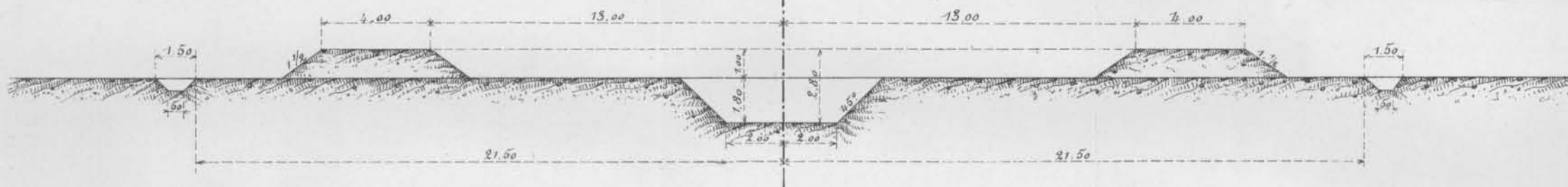


Profil du Déversoir de Moriki.

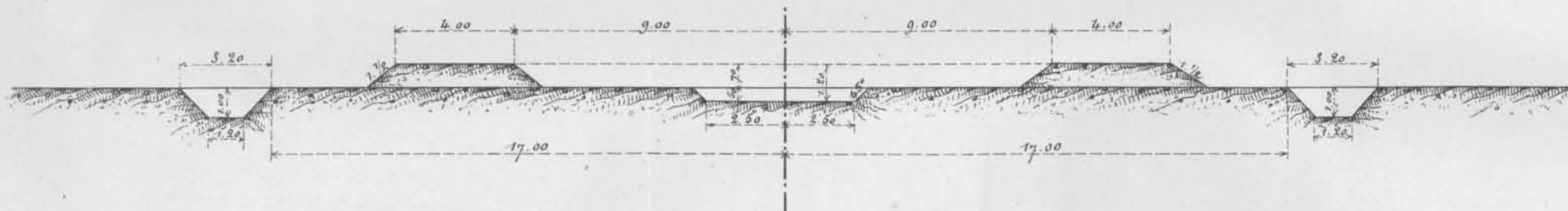
PROFILS EN TRAVERS TYPES.
des dérivations des affluents secondaires.
Canal de dérivation de l'Hercyne.



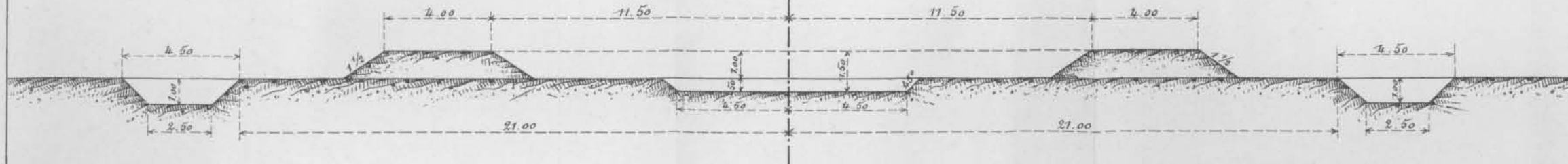
Endiguement du Pontgia.



Endiguement des ruisseaux de Siakko et de Vrastamités.



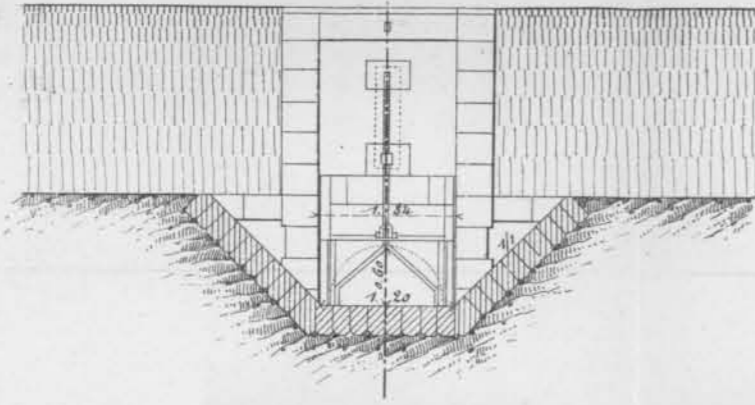
Endiguement du Lophis.



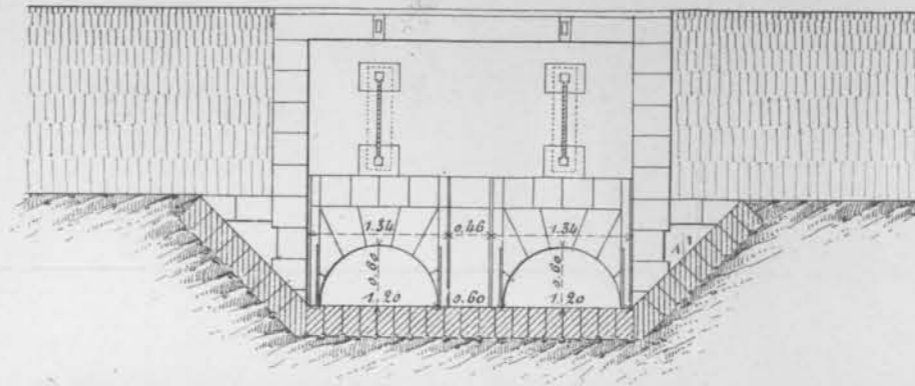
DESSÈCHEMENT DU LAC COPAIS.

VANNAGE POUR ENTRÉE D'EAU DANS LE GRAND CANAL DE CEINTURE.

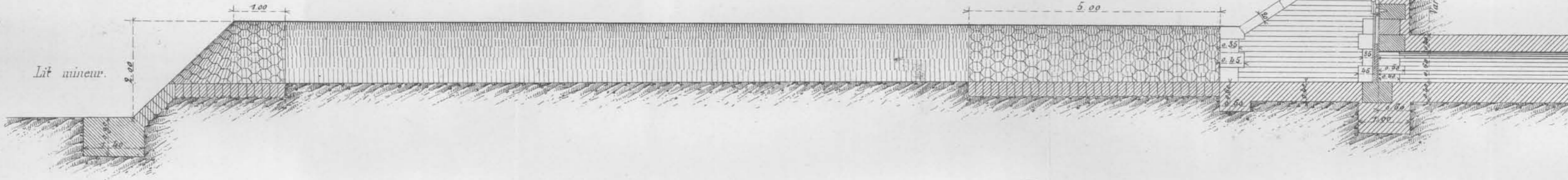
Elévation de la tête aval,
1^{er} Type.



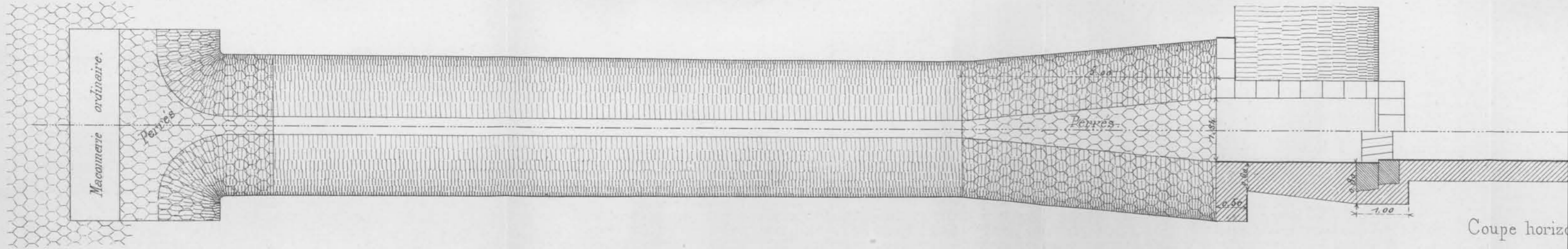
Elévation de la tête aval,
2^e Type.



Coupe en long.
1^{er} Type



Plan.

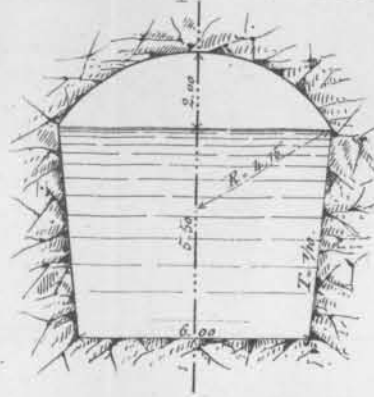
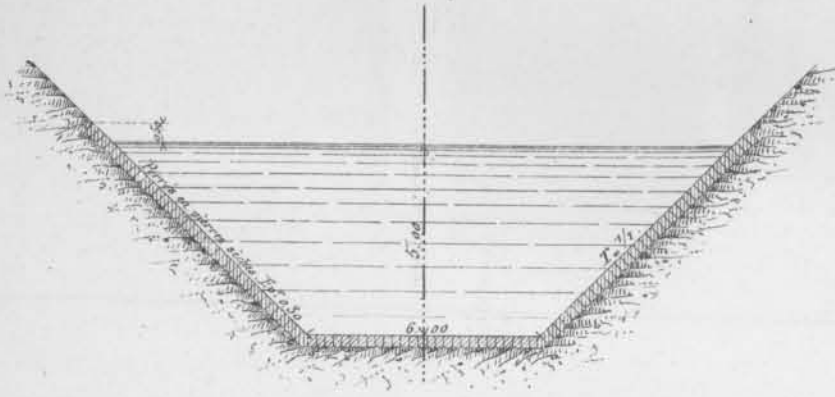


PROFILS EN TRAVERS TYPES DE L'ÉMISSAIRE DE KARDITZA.

Fig. 1.

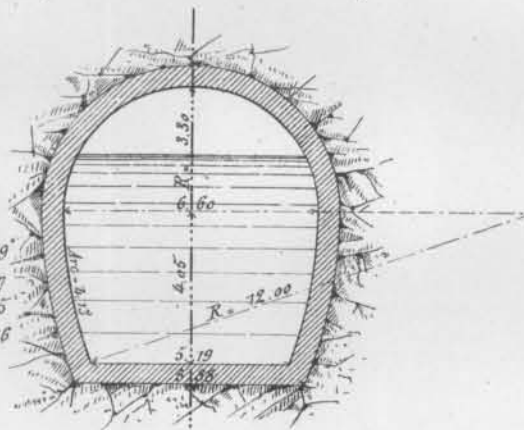
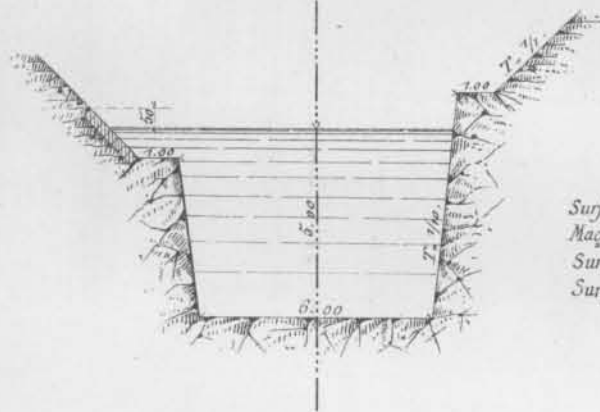
En tranchée.

Dans le rocher compact sans revêtement.



En tranchée avec le rocher à la mine.

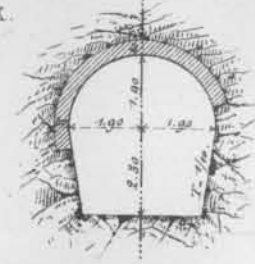
Dans les parties revêtues en maçonneries.



Surface de déblai.....	54.59
Maçonnerie.....	16.27
Surface vue de maçonnerie.....	13.45
Surface de voûte.....	10.36

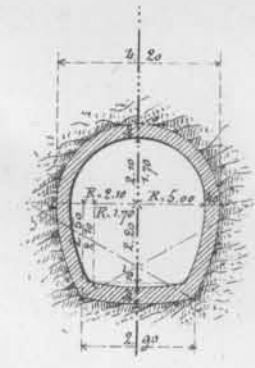
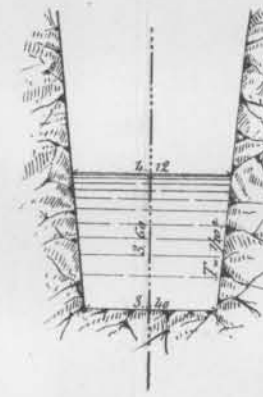
PROFILS TYPES DES TRANCHÉES et du Tunnel d'Anthédon.

Fig. 2. Profil type dans le rocher solide, dans les parties où le rocher servira de piedroit, la couronne étant formée de conglomérés argileux.



Profil type en tranchées dans le rocher.

Profil type dans le conglomérat calcaire à ciment argileux.



PROFILS TYPES DU TUNNEL DE HUNGARA.

Fig. 3.

Coupe du tunnel à l'amont montrant les orifices des Vannes.

Profil type dans les schistes compacts.

Profil type dans les terrains disloqués avec tube de revêtement.

