

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 89 (1963)  
**Heft:** 16

**Artikel:** Les barrages d'irrigation en Macédoine  
**Autor:** Chorafas, Nicolas D.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-66347>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 25.04.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

paraissant tous les 15 jours

## ORGANE OFFICIEL

de la Société suisse des ingénieurs et des architectes  
de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes (S.V.I.A.)  
de la Section genevoise de la S.I.A.  
de l'Association des anciens élèves de l'EPUL (Ecole polytechnique  
de l'Université de Lausanne)  
et des Groupes romands des anciens élèves de l'E.P.F. (Ecole  
polytechnique fédérale de Zurich)

## COMITÉ DE PATRONAGE

Président: E. Martin, arch. à Genève  
Vice-président: E. d'Okolski, arch. à Lausanne  
Secrétaire: S. Rieben, ing. à Genève

### Membres:

Fribourg: H. Cicot, ing.; M. Waeber, arch.  
Genève: G. Bovet, ing.; Cl. Grosgrin, arch.; J.-C. Ott, ing.  
Neuchâtel: J. Béguin, arch.; R. Guye, ing.  
Valais: G. de Kalbermatten, ing.; D. Burgener, arch.  
Vaud: A. Chevalley, ing.; A. Gardel, ing.;  
M. Renaud, ing.; J.-P. Vouga, arch.

## CONSEIL D'ADMINISTRATION

de la Société anonyme du « Bulletin technique »

Président: D. Bonnard, ing.  
Membres: Ed. Bourquin, ing.; G. Bovet, ing.; M. Bridel; J. Favre,  
arch.; A. Robert, ing.; J.-P. Stucky, ing.

Adresse: Avenue de la Gare 10, Lausanne

## RÉDACTION

D. Bonnard, E. Schnitzler, S. Rieben, ingénieurs; M. Bevilacqua,  
architecte

Rédaction et Editions de la S. A. du « Bulletin technique »

Tirés à part, renseignements  
Avenue de Cour 27, Lausanne

## ABONNEMENTS

1 an . . . . .	Suisse	Fr. 34.—	Etranger	Fr. 38.—
Sociétaires . . . . .	»	» 28.—	»	» 34.—
Prix du numéro . . . . .	»	» 1.60		

Chèques postaux: « Bulletin technique de la Suisse romande »,  
N° II 57 75, Lausanne

Adresser toutes communications concernant abonnement, vente au  
numéro, changement d'adresse, expédition, etc., à: Imprimerie  
La Concorde, Terreaux 29, Lausanne

## ANNONCES

Tarif des annonces:

1/1 page . . . . .	Fr. 350.—
1/2 » . . . . .	» 180.—
1/4 » . . . . .	» 93.—
1/8 » . . . . .	» 46.—

Adresse: Annonces Suisses S. A.

Place Bel-Air 2. Tél. (021) 22 33 26. Lausanne et succursales



## SOMMAIRE

Les barrages d'irrigation en Macédoine, par le Dr Nicolas D. Chorafas, professeur à la Faculté polytechnique de l'Université de Thessalonique, ingénieur EPUL.

Bibliographie. — Documentation générale.

## LES BARRAGES D'IRRIGATION EN MACÉDOINE<sup>1</sup>

par le Dr NICOLAS D. CHORAFAS, professeur à la Faculté polytechnique de l'Université de Thessalonique, ingénieur EPUL

### I. Barrage de Kerkini

Le barrage de Kerkini sur le Strymon se trouve à une distance de 76 kilomètres de son embouchure dans la mer, à l'ouest de la ville de Serrès dont le séparent 40 km et à 89 km, par route, de la ville de Thessalonique. Il consiste en une digue de terre compactée d'une longueur de 6440 m dont l'aile ouest mesure 440 m et l'aile est 6000 m de long, et d'un barrage métallique de 104 m entre culées avec 9 piles de 1,80 m de large sur lesquelles reposent dix vannes de fond d'une hauteur de 4 m et d'une largeur de 8,90 m.

Le barrage a été mis à l'étude et construit dans les années 1932-1933 par les Compagnies américaines John Monks & Sons et Ulen & Company associées, et il a coûté 80 millions de drachmes (valeur d'aujourd'hui). Il permet le maintien du niveau d'eau à la cote + 32 contre la cote + 25 du fond du lit. Le profil de la digue (hauteur 7,60 m et plus grande largeur de base 42 m près du barrage), comme aussi sa conformation, apparaissent sur une planche ci-annexée, le volume total étant de 566 900 m<sup>3</sup> dont 74 490 m<sup>3</sup> pour le noyau argi-

leux. Le travail de construction s'opéra sans arrêt (vingt-quatre heures sur vingt-quatre) et dura d'août 1931 jusqu'à mai 1932, soit pendant une période de dix mois en dépit des difficultés rencontrées, lesquelles tenaient à la nature sablonneuse du sous-sol et au haut niveau souterrain des eaux. Le barrage fut tracé perpendiculairement à l'ancien lit du torrent Kerkinitis, affluent du Strymon; à sa gauche fut disposée la prise d'eau et le canal d'adduction pour l'irrigation. Pour fixer ses dimensions, on prit en considération la qualité du terrain pour laquelle fut admise une pression de 1,25 kg/cm<sup>2</sup>, comme aussi la possibilité de maintenir le niveau du lac à la cote + 32 et de régler le débit en aval à 1200 m<sup>3</sup>/sec.

Les fondations des piles et des culées sont appuyées sur des pieux en bois et ont été construites en béton avec un dosage de 250 kg de ciment et de 75 kg de terre volcanique de l'île de Santorin (pouzzolane) par m<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Cette étude est tirée du Recueil de travaux offert au professeur A. Stucky, en hommage de reconnaissance, sur l'initiative de l'Association amicale des anciens élèves de l'Ecole polytechnique de Lausanne, le 27 octobre 1962, l'année de son 70<sup>e</sup> anniversaire.

Le radier entre piles a été posé simplement sur le sol, la paroi amont a été protégée sur toute sa longueur par un rideau de palplanches métalliques d'une profondeur de 12 m, dont la tête a été placée simplement en contact avec le béton des fondations et du radier. En aval du barrage, on a façonné un radier dont la forme a été contrôlée par le professeur de l'École polytechnique de Karlsruhe, D<sup>r</sup> Rehbock, par essais sur modèle à échelle réduite (1 : 10) au Flussbau Laboratorium de Karlsruhe.

Les recherches ont porté tant sur la dissipation de l'énergie des eaux qui s'écoulent par les vannes que sur les moyens de préserver l'ensemble de l'ouvrage des renards et des fuites par le sous-sol, lequel se composait d'alluvions fluviales stratifiées comprenant aussi des poches sablonneuses et argilo-sablonneuses.

La paroi aval du radier a été pareillement protégée par un rideau continu de palplanches métalliques d'une profondeur de 6 m. Ces deux rideaux établis le long du barrage ont été réunis à leurs extrémités, latéralement, par deux autres rideaux métalliques transversaux d'une profondeur de 9 m. En partant de ces derniers, on a disposé des ailes d'une longueur de 25 m et d'une profondeur de 9 m également en palplanches métalliques pénétrant à l'intérieur et suivant l'axe du noyau argileux de la digue, en vue de réaliser une jonction étanche de cette dernière avec le barrage et pour assurer l'ensemble contre des fuites latérales. De plus, on a procédé à des injections de ciment et de pouzzolane près des rideaux en vue d'obtenir une plus parfaite étanchéité. Le radier aval se terminait par des dents Rehbock.

Les vannes métalliques sont du type simple Stoney, elles ont été fabriquées par l'usine anglaise Ramsomes & Rapier; au-dessus d'elles, il existe un masque en béton armé à un dosage de 400 kg de ciment et 75 kg de pouzzolane au m<sup>3</sup>. La manœuvre des vannes s'opère d'une passerelle située au-dessus, à côté de laquelle a été construit un pont-route large de 6 m. en simples dalles d'une ouverture de 9,95 m chacune. Dès le début

de son fonctionnement, la disposition du radier aval s'est révélée insuffisante, des affouillements se produisant continuellement jusqu'à une profondeur de 4 m, que l'on devait combler chaque été par des enrochements d'un coût d'entretien élevé.

Ce barrage a été sévèrement mis à l'épreuve par des destructions en 1946, au cours de la guerre civile qu'ont exploitée des envahisseurs venus du nord qui ont fait sauter des parties de l'ouvrage, spécialement du côté de la rive droite. Ces explosions ont disloqué et détruit les vannes métalliques et les dalles (écrans) verticales du barrage qui les surmontent. Il se peut que l'ébranlement ait agi aussi sur les fondations. Ces dommages ont été réparés après la répression de la rébellion et le barrage a, depuis lors, fonctionné d'une manière satisfaisante pendant une période de douze ans.

Sauf toutefois, et c'est pour cela qu'a été donnée la description analytique ci-dessus, qu'en août 1959 se sont soudain présentés des renards avec formation sous pression d'eau au bord aval gauche du radier, de jets d'une puissance et d'une hauteur se développant jusqu'à 1,20 m, le barrage se trouvant ainsi menacé d'un danger immédiat d'effondrement. Vider immédiatement le lac comportait la destruction de la production agricole, principalement de 4000 ha. de riz, dont la perte eût provoqué un problème social. Nous primes la responsabilité de conserver le lac en procédant en arrière du barrage à une accumulation de terres de nature sablo-limoneuse, retirées du fond à l'aide d'une drague suceuse qui reste en permanence dans le lac pour l'entretien et le renforcement de la digue. La mesure, en tant que provisoire, réussit et le lac fut conservé pendant deux mois jusqu'au terme de la période d'irrigation où il fut alors vidé. L'étude du radier aval fut confiée au professeur M. L. Escande, qui procéda à des essais sur modèles au Laboratoire d'hydraulique de Toulouse. D'autre part, le compactage, l'assèchement et la stabilisation du sous-sol d'assise du barrage, comme aussi la

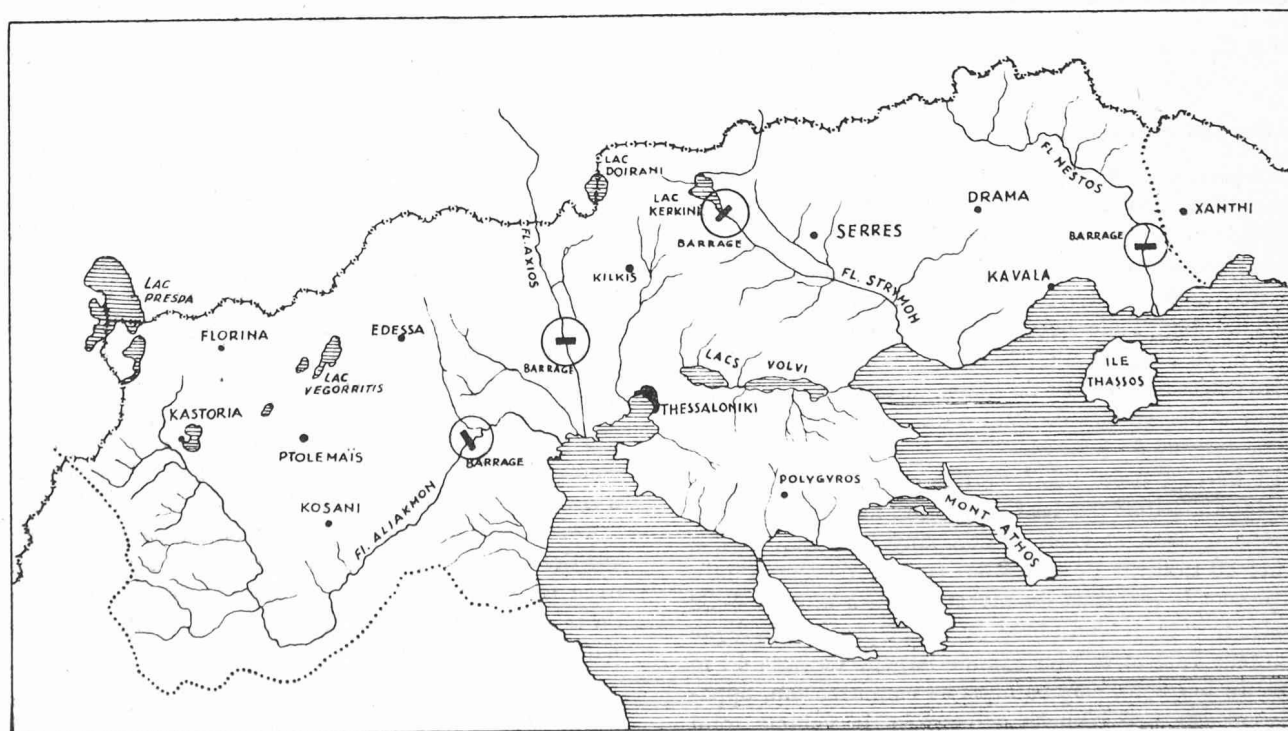


Fig. 1. — La région de la Macédoine et l'emplacement des barrages d'irrigation.



construction du radier, furent confiés à la Société italienne Fondedille, qui a exécuté ces travaux avec succès pendant les années 1960 et 1961, pour une dépense de 56 millions de drachmes.

Les travaux portant sur les vannes métalliques comportaient la réparation des chariots de roulement et du dispositif d'étanchéité qui fut remplacé par un nouveau, le renforcement du revêtement métallique,

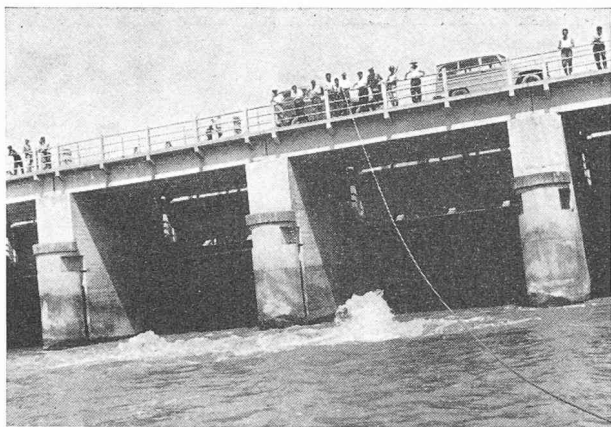


Fig. 3. — Barrage de Kerkini. Renards à l'aval.

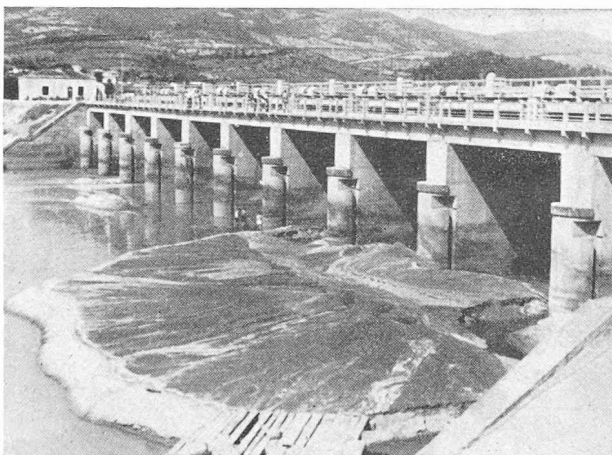


Fig. 4. — Barrage de Kerkini. Dépôts argilo-sableux à l'emplacement des renards après l'obturation des fuites en amont.



Fig. 5. — Barrage de Kerkini. Travaux de consolidation et imperméabilisation du terrain de fondation effectués en amont du barrage par la Société Fondedille.

de manière qu'elles résistent à une surélévation du niveau des eaux d'encore un mètre au-dessus du niveau initial, enfin la remise en état des mécanismes d'élévation des vannes.

## II. Barrage de l'Aliakmon

Le barrage a été érigé sur l'Aliakmon à une distance de 45 km environ de son embouchure, au sud-est de la ville de Verria, à une distance de 7 km de celle-ci, et à l'ouest de la ville de Thessalonique dont le séparent 82 km.

Le barrage de l'Aliakmon, comme aussi les deux autres de l'Axios et du Nestos, dont il sera traité plus loin, ont été étudiés par la Société américaine Knappen-Tippets-Abbets Co. en 1952.

La construction de l'ensemble a été l'œuvre de la Société hellénique G. Chryssopoulos & Co., à l'exception des vannes métalliques qui ont été construites par les ateliers mécaniques A. Kouppas & Co. de 1954 à 1958. Le coût de l'ensemble s'est élevé à 52 204 104 drachmes. Le barrage est long de 319 m et il a, entre culées, douze piles qui soutiennent le tablier du pont construit en béton armé, avec une largeur de 7 m et une longueur de 340 m.

Sur la rive gauche, il y a deux vannes métalliques à segment, d'une largeur de 9,25 m chacune, pour le bouchage du canal de purge. Près d'elles, en aval, il y a un déversoir latéral pour la prise d'eau d'une longueur de 80 m, et à 0,80 m au-dessous de la crête du barrage. A sa suite, un tronçon de raccordement au canal d'amenée en tête duquel se trouvent six vannes métalliques à tiroirs réglant le débit maximal à 76 m<sup>3</sup>/sec. Le barrage-déversoir est du type Creager, étudié pour écouler un débit de 5600 m<sup>3</sup>/sec, prolongé en aval par un radier horizontal que protègent des blocs en béton. La forme des piles, du déversoir et du radier a été étudiée au Laboratoire dauphinois d'hydraulique (Neyrpic) de Grenoble.

Les deux vannes métalliques à segment, de 9,25 m sur 4,40 m, sont équipées de mécanismes de hausse mus à l'électricité. Le poids des vannes est de 32 500 kg, celui des mécanismes de 16 000 kg. Les vannes de prise d'eau, de dimensions de 4,40 m sur 2,30 m, sont également équipées de mécanismes de hausse mus électriquement et ont un poids de 34 000 kg pour les vannes et de 24 000 kg pour les mécanismes.

Pendant la période des irrigations, les vannes de purge restent fermées, les vannes de prise d'eau ouvertes. Après la fin des irrigations, on procède à une évacuation des matériaux charriés. Pendant la période d'hiver demeurent fermées les vannes de prise d'eau, celles du canal de purge étant ouvertes.

Le barrage n'a été mis en service qu'à partir de 1961 par suite d'un retard dû à des difficultés rencontrées au cours de la construction du canal d'amenée et des réseaux.

## III. Barrage de l'Axios

Le barrage se trouve sur le fleuve de l'Axios à une distance de 27 km de son embouchure et à l'ouest de la ville de Thessalonique à une distance de 27 km. Le corps de l'ouvrage a été construit par la Société technique hellénique G. Chryssopoulos & Co. pendant la période 1954-1958, tandis que les vannes métalliques furent l'œuvre de l'usine autrichienne Voest qui en fit l'étude et en assura la fabrication et l'installation en 1957. Le coût de l'ensemble s'éleva à 113 917 501 drachmes.

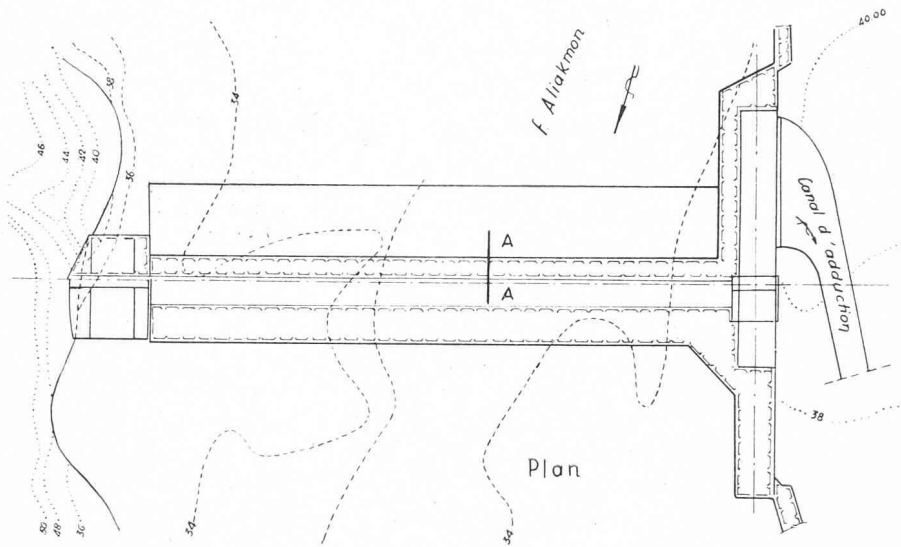


Fig. 6. — Le barrage de l'Aliakmon, à exhaussement de débit instantané, pour l'irrigation de la partie ouest de la plaine de Thessalonique. Plan du barrage. — Coupe transversale du déversoir.

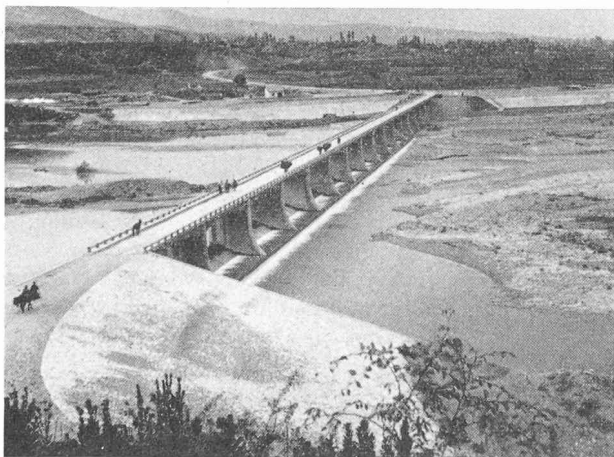
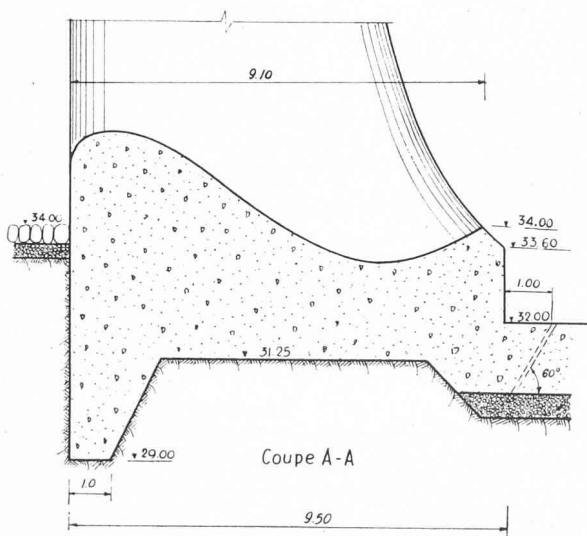


Fig. 7. — Barrage de l'Aliakmon. Vue générale prise de la rive droite.

La longueur du barrage est de 1100 m, dont 978 m pour le déversoir de sûreté, submersible pendant les crues, d'une hauteur de 3 m, avec une crête large de 6 m. Le reste se ferme par des vannes d'acier à segment, à raison de quatre pour chaque côté. Six d'entre elles (trois de chaque côté) sont à fonctionnement automatique par déclenchement électrique mû par un flotteur

pour régler le niveau amont de prise d'eau<sup>1</sup>, les deux autres sont simplement mues à l'électricité et sont destinées à purger des matières charriées dans le voisinage de la prise d'eau. Les vannes métalliques sont d'un poids total de 293 000 kg. Sur les deux rives de part et d'autre du barrage sont les déversoirs latéraux et, à leur suite, des tronçons de raccordement aux canaux d'amenée avec vannes de contrôle à leur point de départ.

Les fondations de l'ensemble culées et piles ont été faites à une profondeur (par rapport à la surface) de 3,50 m, sur la rive gauche par simple assise sur le terrain naturel, sur la rive droite par appui sur pieux en béton armé.

La crête du déversoir de sûreté se trouve à 1 m au-dessus de celle des déversoirs latéraux de manière que, par la charge créée, soient canalisés 20 m<sup>3</sup>/sec du côté droit et 15 m<sup>3</sup>/sec du côté gauche. L'ensemble de l'ouvrage a été étudié en fonction d'une pointe de crue de 4200 m<sup>3</sup>/sec et les essais en laboratoire sur modèles à échelle réduite ont eu lieu à l'Institut für Hydromechanik, Technische Hochschule Karlsruhe.

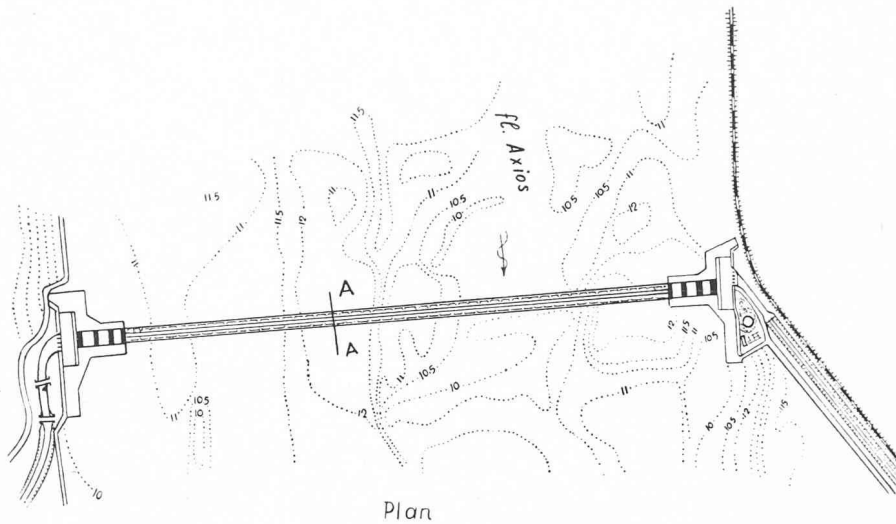
Pendant la période des irrigations, toutes les vannes sont fermées et les eaux sont dérivées vers les canaux d'amenée. Si le niveau du fleuve monte au-delà de la cote normale, les six vannes réglant le niveau s'ouvrent automatiquement et l'excédent de débit passe par dessous. Après que les flotteurs se furent immobilisés et avant la mise en place des mécanismes de fonctionnement automatique, la manœuvre pour chaque vanne se faisait par intervention à son tableau de contrôle, mais cela réclamait une vigilance continuelle durant la période d'irrigation, de manière que le niveau des eaux du fleuve se maintînt entre les cotes 12,70 et 12,80.

A chaque bord, il existe un système indépendant de mise en marche automatique des trois vannes réglant le niveau, mais ces deux systèmes sont entièrement semblables.

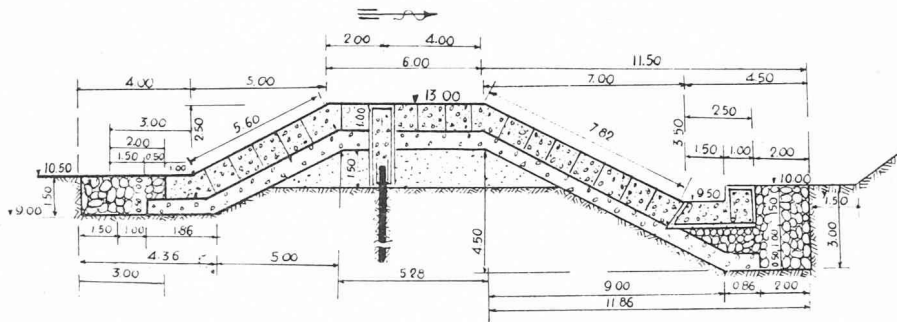
Chacun de ces deux systèmes semblables est constitué des pièces suivantes :

Un « coordinateur électrique » à plusieurs dizaines de

<sup>1</sup> Primitivement, les vannes étaient automatiques, avec contre-poids mus au moyen de flotteurs placés à l'intérieur du corps des piles. Mais comme, de la boue s'y étant introduite, ils s'étaient coincés et immobilisés, on remplaça ce mode de fonctionnement par un dispositif électrique de mise en marche automatique.



Plan



Coupe A-A

contacts magnétiques, alimenté par une batterie d'accumulateurs de 24 volts chargés par redresseur.

Un « flotteur » placé en amont à une distance d'environ 30 m, muni d'un indicateur de niveau et relié au coordinateur électrique auquel il transmet ses indications.

Trois « indicateurs de position », un pour chaque vanne, qui, par contacts magnétiques, transmettent chaque fois leurs positions au coordinateur électrique dont, inversement, ils reçoivent l'ordre de déplacement.

Le niveau amont régulier a été fixé à 12,80, toutes les vannes étant fermées pendant la période d'irrigation. Sa hausse fait automatiquement monter d'abord la vanne médiane et ensuite celles qui se trouvent de part et d'autre d'elle, par étapes, et, dans l'ordre inverse, les fait descendre. Les mouvements s'opèrent par combinaison des indications du flotteur et de celles de l'indicateur de position des vannes par l'intermédiaire du coordinateur électrique. Une sirène annonce le manque de courant ou tout autre accident.

Au terme de la période d'irrigation, on procède à

l'évacuation des charriages par les vannes et les canaux de purge.

Pendant la période d'hiver, toutes les vannes restent ouvertes de façon à laisser passer les hautes et moyennes crues; en cas de crues exceptionnellement importantes, une partie du débit s'écoulera par le déversoir de sûreté.

Ce n'est qu'à partir de 1960 que le barrage a été mis en service, par suite d'un retard dans l'achèvement des réseaux d'irrigation qu'il dessert.

#### IV. Barrage de Nestos

Ce barrage se trouve sur le Nestos à une distance de 28 km de son embouchure, à l'est des villes de Cavala et de Thessalonique dont le séparent des distances respectives de 40 et de 200 km. C'est la Société technique hellénique « Aliakmon » qui le construit. Les travaux ont commencé en avril 1960 et l'achèvement est prévu pour l'été de 1963 sur la base d'un programme de financement d'après un devis de 50 millions de drachmes.

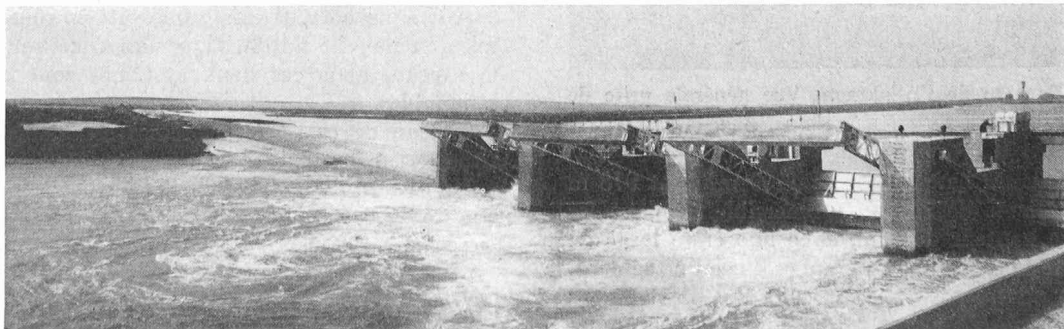


Fig. 9. — Barrage de l'Axios. Vannes de la rive gauche en fonctionnement partiel.

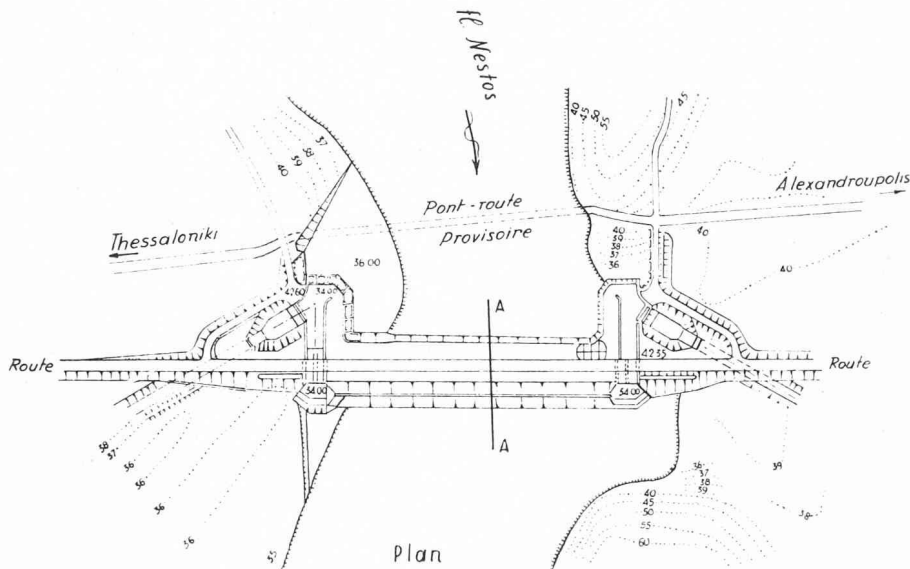
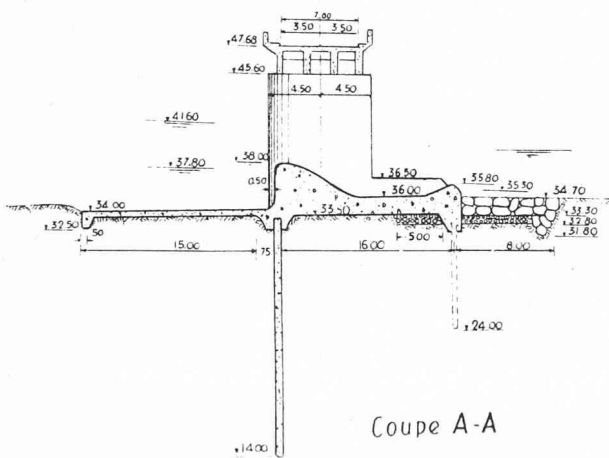


Fig. 10. — Le barrage de déviation sur le fleuve Nestos pour l'irrigation de la plaine de Chryssoupolis. Plan du barrage. — Coupe transversale du déversoir et du pont route situé au-dessus.



à l'étude initiale d'importantes modifications. Alors que primitivement il avait été prévu, à un stade ultérieur, une surélévation de la crête du déversoir de 3 m, on se contenta d'une hausse immédiate de 0,40 m seulement. En second lieu, on a remplacé, en amont et en aval, les rideaux souterrains en palplanches métalliques par des rideaux en béton. Troisièmement, les ouvertures du pont ont été portées de 20 m à 30 m, ce qu'on a obtenu en remplaçant le tablier du pont en béton armé par un autre en béton précontraint. En quatrième lieu, on a introduit des modifications aux canaux d'amenée au point de vue tant de la longueur des déversoirs de prise d'eau que de l'angle formé par l'axe des canaux et celui du barrage. Enfin, on a fait subir des modifications au radier aval du bassin de dissipation de l'énergie des eaux d'après une nouvelle étude confiée au professeur M. L. Escande, qui en contrôle les résultats en procédant à des essais sur modèles à échelle réduite dans les Laboratoires hydrauliques de Toulouse.

Le barrage est du même type que celui de l'Aliakmon, il a une longueur de 270 m et son déversoir est haut de 4 m.

Le déversoir est d'une seule pièce, en béton armé, et au-dessus de lui, s'appuie sur des piles un tablier de pont en béton précontraint. Le coût prévu du barrage avec les rideaux souterrains est de l'ordre de 71 millions de drachmes, au lieu des 50 millions qui figurent au programme de budget.

Au cours des travaux de construction, on a apporté

De part et d'autre du barrage existent des vannes sur les canaux de purge et le long de ces derniers sont disposées des prises d'eau. Pendant la période d'irrigation, les vannes de purge resteront fermées pour la canalisation des eaux par les déversoirs latéraux de prise d'eau ; elles seront au contraire ouvertes pendant la période d'hiver afin de livrer passage aux eaux de crue, leur excédent devant, suivant ce qu'il a été prévu, s'écouler par le déversoir fixe du corps du barrage calculé en fonction d'un débit maximal de 3000 m<sup>3</sup>/sec.

## BIBLIOGRAPHIE

**Résistance des matériaux**, par Charles Massonnet, professeur à l'Université de Liège. Paris, Dunod, 1962. — Un volume 16 × 24 cm, xv + 519 pages. Prix : relié, 65 NF.

Un traité de résistance des matériaux élémentaire, comme de n'importe quelle science bien établie, peut procéder de deux méthodes opposées : l'une, abstraite et déductive, commence par poser les équations les plus générales de l'élasticité tridimensionnelle, dont elle considère comme des cas particuliers les méthodes de sollicitation simples ; l'autre, intuitive et inductive, étudie tout d'abord les cas simples pour s'élever graduellement aux théories générales. Si la première est bien propre à satisfaire un esprit amateur de synthèse élégante, l'expérience nous conduit, du point de vue

didactique, à préférer nettement la seconde. Aussi ne pouvons-nous que souscrire sans réserve aux propos de M. Massonnet lorsqu'il affirme dans sa préface : « Contrairement à une opinion très répandue en Europe occidentale, l'auteur ne croit pas à la vertu de la méthode qui consiste à faire découler systématiquement la résistance des matériaux de la théorie mathématique de l'élasticité. Il pense, au contraire, qu'il est indispensable que l'étudiant acquière progressivement le sens physique du jeu des forces intérieures dans les poutres... »

Ce principe étant admis, on pourrait se demander en quoi un cours de résistance des matériaux peut encore présenter quelque originalité, surtout quand la matière a déjà été exposée, dans le même esprit, par les ouvrages magistraux de Timoshenko. Sur de nombreux points, cependant, le cours de M. Massonnet se