

L'ALIMENTATION EN EAU DE TUNIS

LA CONDUITE DE L'OUED-EL-LIL

Les besoins en eau potable de Tunis seront couverts jusqu'à l'achèvement de la conduite de l'Oued El-Lil par un système d'adduction et de distribution d'eau très étendu et très complexe.

L'adduction la plus ancienne suit l'ancien tracé romain. Elle peut amener 20.000 mètres cubes d'eau par jour. Deux autres conduites de 550^{mm} qui prennent l'eau dans le même massif montagneux en contournant le Sedjoumi, l'une par le Nord, l'autre par le Sud, ont un débit de 23.000 mètres cubes d'eau par jour. Elles amènent les eaux du barrage du Kébir, des sources du Zaghouan et des pompages du Djougar. Une conduite plus récente amène de Khlédia les eaux pompées dans la nappe phréatique et permet un apport supplémentaire de 18.000 mètres cubes environ. Des pompages dans la nappe aux environs de Tunis achevés récemment donnent 5.000 mètres cubes. Le total de ce qui peut être amené à Tunis est donc très légèrement inférieur à 70.000 mètres cubes par jour.

Les efforts ont porté depuis des années sur l'obtention effective de ces 70.000 mètres cubes par jour, surtout pendant l'été. Le dernier en date qui vient de porter ses fruits est la mise en service de l'adduction provisoire des eaux de la Medjerdah à Tunis; celle-ci permet, en distribuant de l'eau pompée en Medjerdah pendant l'automne, l'hiver et une partie du printemps, de conserver en réserve des eaux pour les distribuer pendant l'été.

Il est certain que l'on était arrivé ainsi à l'épuisement des possibilités de transport qui étaient offertes par les conduites citées plus haut. Or, les quantités d'eau distribuées ne sont plus suffisantes pour la ville de Tunis et ses banlieues.

Des restrictions doivent être imposées pendant l'été, époque de grosse consommation.

L'agglomération tunisoise (qui réunit actuellement plus de 500.000 habitants) continue à s'accroître. Si l'augmentation de population n'est plus aussi rapide que pendant la guerre où elle a atteint 5% par an, elle reste supérieure à celle de la période d'avant-guerre (2%). D'autre part, la consommation par habitant qui est actuellement de 130 à 140 litres par jour en période de restriction, montera petit à petit jusqu'à 200 litres.

Si l'on tient compte d'une consommation de 200 litres par jour par

habitant, déjà très inférieure à celle de Lyon (280 l.) et si l'on admet un accroissement de population de 3% par an, on arrive aux besoins suivants :

Année 1958	.....	139.000 mètres cubes	
» 1962	.....	156.000	»
» 1966	.....	175.000	»
» 1970	.....	197.000	»
» 1974	.....	200.000	»

La nécessité d'un effort très important ne pouvait faire aucun doute. La Direction des Travaux Publics a mis à l'étude puis en chantier le projet d'adduction des eaux de l'Oued El-Lil, permettant de régler le problème de l'alimentation en eau de Tunis pour plus de 25 ans. Cette conduite pourra acheminer journallement environ 120.000 mètres cubes d'eau jusqu'aux centres de consommation de Tunis et des banlieues Nord et Sud.

Elle permettra également de mettre en veilleuse les adductions anciennes, coûteuses en entretien et d'arrêter les pompages très onéreux.

Les eaux qui seront envoyées sur Tunis sont remarquablement pures chimiquement; elles contiennent moins de 300 milligrammes de sel par litre (les eaux distribuées actuellement possèdent 750 milligrammes en moyenne). Elles sont limpides et ne contiennent que très peu de bactéries. L'épuration et la stérilisation les rendront parfaites.

Nous décrivons successivement les ouvrages au point de vue hydraulique en indiquant leur fonctionnement puis le mode de réalisation choisi et les moyens mis en œuvre pour mener à bien les travaux dans un délai raisonnable.

1. — DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT DE LA CONDUITE DE L'OUED-EL-LIL

On peut la diviser en deux parties distinctes :

A) La conduite d'amenée jusqu'aux réservoirs de Kdir-El-Goulla aux portes de Tunis (fig. 1).

B) Le réseau de répartition qui amène les eaux de l'Oued El-Lil dans certains réservoirs de Tunis et des banlieues Nord et Sud (fig. 2).

La conduite d'amenée des eaux jusqu'aux réservoirs de la cote 106 à Kdir-El-Goulla est commandée automatiquement par le niveau de l'eau dans ces réservoirs. Cette commande se répercute de tronçon en tronçon grâce à l'appareillage automatique des brise-charge qui ont de plus pour rôle de limiter les coups de bélier. Elle est transmise également par la petite usine du seuil de Medjez qui tout en récupérant l'énergie d'une chute résiduelle, envoie les ordres venus de Tunis jusqu'à la station d'épuration placée en tête; cette station puise son eau automatiquement suivant la demande dans un bassin de compensation où s'accumulent les eaux turbinées par la Centrale de Fernana qui peut fonctionner ainsi aux seules heures de pointe.

Cette conduite longue de 130 kilomètres est constituée par des tuyaux Socoman précontraints frettés de 1 mètre 25 de diamètre pour

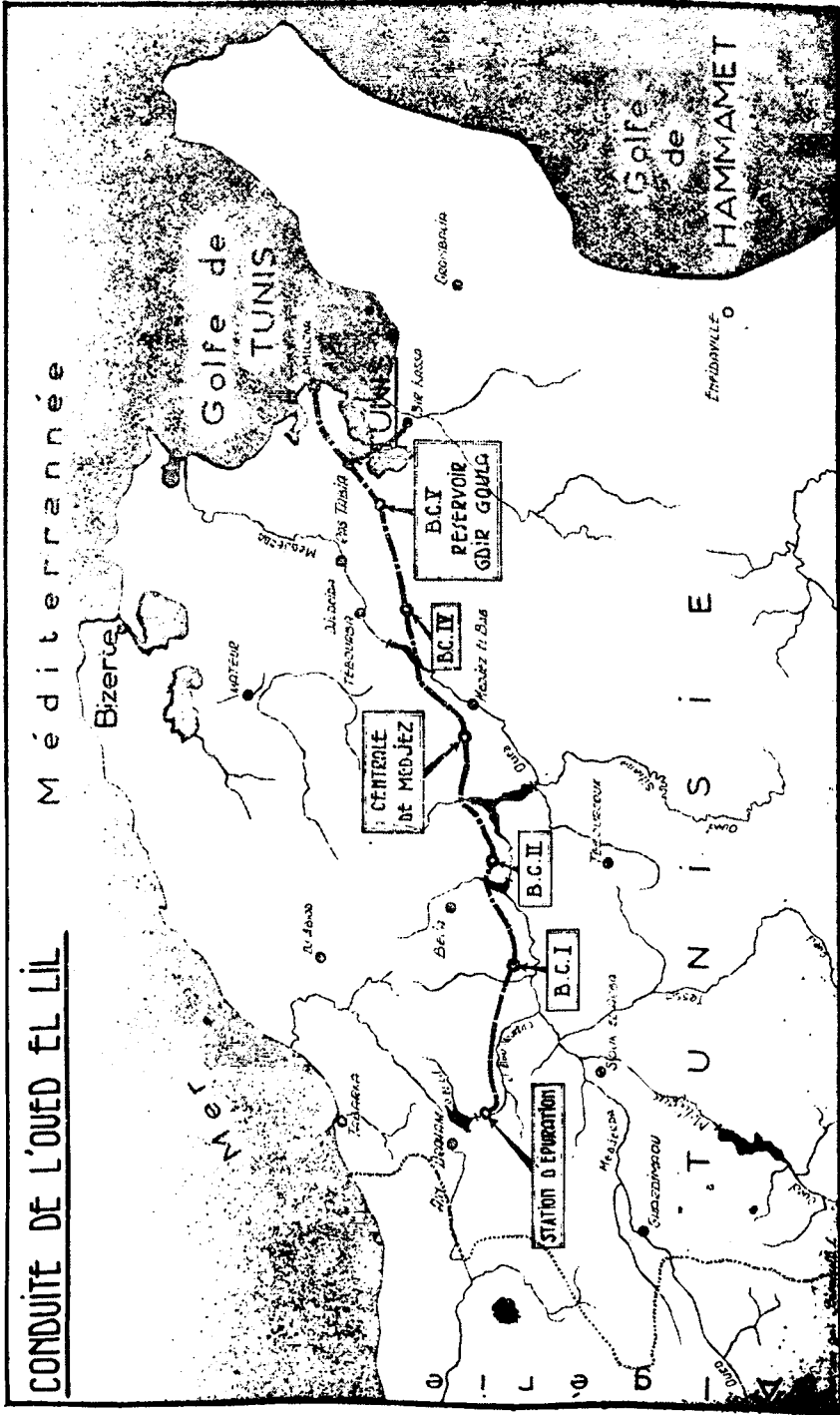
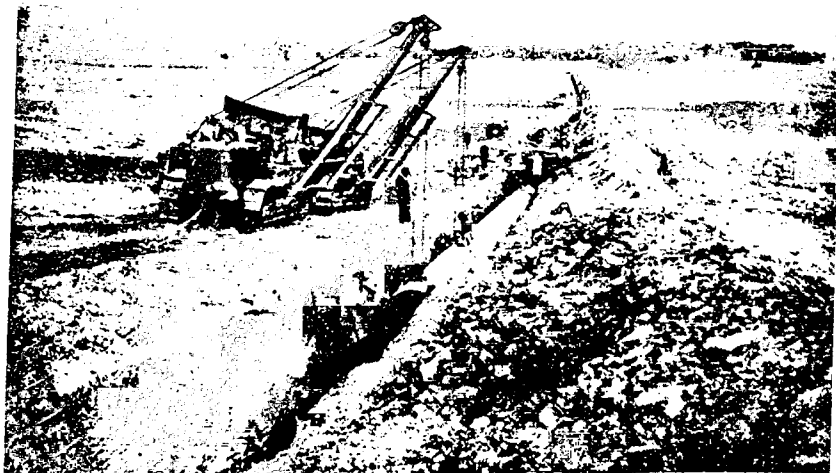


Fig. 1

la partie amont et par des tuyaux Bonna frettés sur tôle de 1 mètre 19 de diamètre.



Pose d'un élément de la conduite de l'Oued El-Lil

(Photo J. D. Bossoutrot)

La topographie de la zone qui va de l'Oued El-Lil à Tunis a conduit à réserver une chute au seuil de Medjez. En effet, la partie centrale du tracé est traversée par une zone montagneuse dont les crêtes sont sensiblement Nord-Sud. Il a été très difficile de trouver des points de passage suffisamment bas pour éviter de gros terrassements.

De l'Ouest vers l'Est on rencontre successivement :

- le Col d'El-Guiche;
- le seuil de Pont-de-Trajan;
- le seuil de Medjez.

Le passage dans la vallée même de la Medjerdah a été écarté à cause des difficultés de terrain et des barrages en projet (Pont-de-Trajan - Sidi-Salem). Ces passages imposent pratiquement la pente de la conduite (à moins d'accepter des travaux de terrassement et de souterrains considérables). Cette pente, associée au débit désiré, détermine le diamètre.

La présence de la chute de Medjez était très souhaitable; on peut la considérer un peu comme un accordéon que l'on peut aplatir selon les nécessités. Il permet d'ajuster très exactement les débits des tronçons Bonna et Socoman dont les rugosités peuvent être différentes.

A partir de la cote 106 une conduite de 1,19 reprend les eaux pour les répartir dans certains réservoirs placés sur des points hauts autour de Tunis et de sa banlieue. Ce réseau, long de 40 kilomètres, comprend une artère Ouest-Est qui dessert au passage les réservoirs

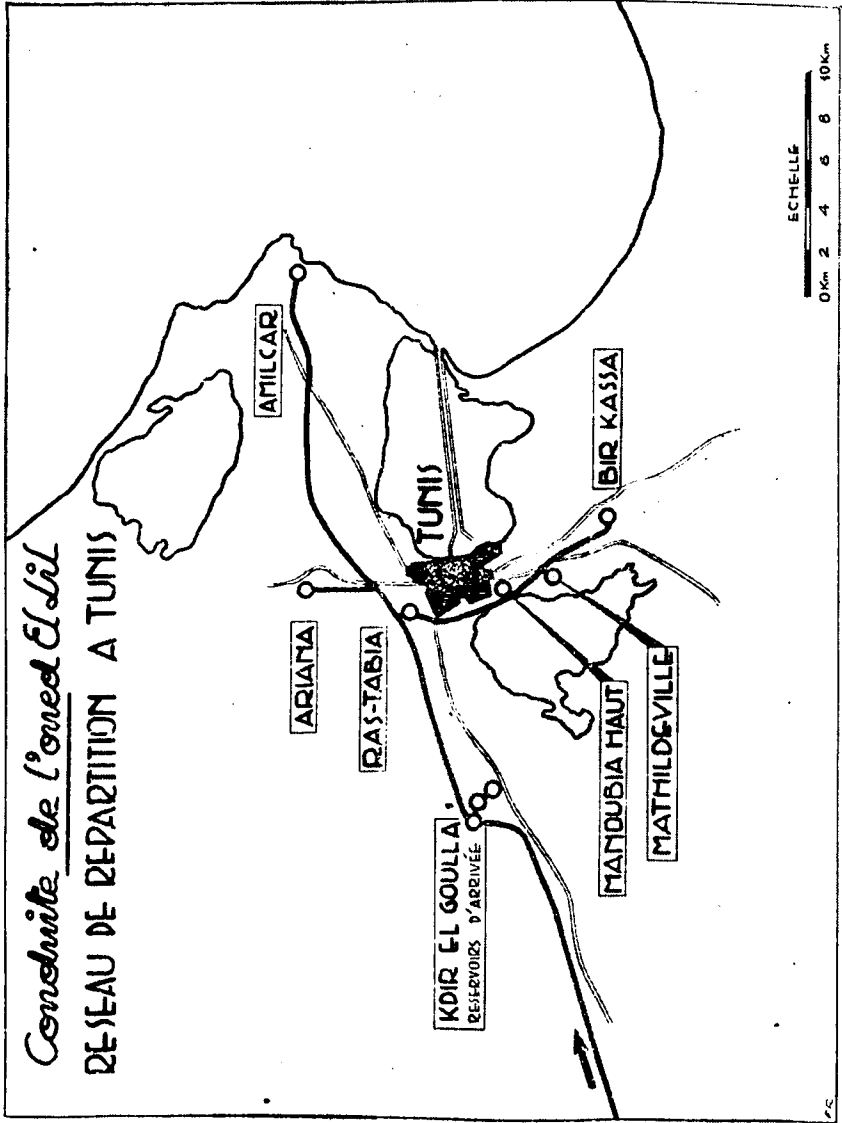


Fig. 2

de Ras-Tabia - Ariana - Amilcar et une artère Nord-Sud joignant Ras-Tabia à Bir-Kassa et alimentant au passage Manoubia et Mathildeville.

Cette répartition a pour but d'amener le plus près possible de la consommation les quantités d'eau nécessaires et de constituer en ces points une première réserve de sécurité; les dimensions même des conduites permettent d'assurer presque toute la pointe à partir de Kdir-El-Goulla où on a prévu la tranche d'eau nécessaire pour ce rôle de tampon vis-à-vis des variations d'appel. On a également reporté sur Kdir-El-Goulla une partie de la réserve de sécurité à cause du manque de place à une cote suffisante, plus près de Tunis.

La complexité du réseau actuel d'adduction des eaux de Tunis rendrait difficile un mélange sans précaution dans le réseau actuel des eaux de l'Oued El-Lil. Il a paru plus simple et plus efficace de pousser l'automatisme du réseau nouveau jusqu'aux nouveaux réservoirs projetés. Ces derniers sont spécialisés et ne reçoivent que des eaux de l'Oued El-Lil, leur niveau commandant l'appel à Kdir-El-Goulla; le réseau de distribution puise dans ces réservoirs comme il le fait pour les eaux de l'Oued-Kébir ou du Zaghouan, l'envoyant soit dans des réservoirs communs soit directement aux usagers. Deux réservoirs : Manoubia et Mathildeville doivent recevoir les deux eaux simultanément; un système automatique réglable prélève sur le tronc Nord-Sud un débit constant ou nul, sans interaction de la part des autres adductions.

Ce système permet d'amener et de renouveler automatiquement une quantité d'eau que l'on peut puiser à volonté. Il a le gros avantage d'avoir une grande souplesse et une indépendance totale vis-à-vis du réseau actuel. Grâce à la position centrale des réservoirs assurant la pointe et la sécurité, ce système pourra s'adapter à la distribution dans des zones très diverses. Il pourra également, faire face à l'extension de la distribution lorsqu'il sera nécessaire de prévoir le doublement de la conduite de l'Oued El-Lil.

L'ensemble de ces conduites permet donc de faire passer dans les meilleures conditions de rapidité et de souplesse une réserve du barrage de l'Oued El-Lil dans les réservoirs de Tunis.

Nous allons maintenant examiner plus en détail les ouvrages essentiels de cette adduction :

I. — STATION DE FILTRATION

En tête de la conduite se trouve la station de filtration et de stérilisation. Grâce à cette position on est sûr d'éviter tout dépôt dans la conduite; l'épuration biologique peut se poursuivre jusqu'à Tunis. On est maître également d'un réglage du PH de l'eau, destiné à éviter aussi bien l'attaque de la conduite que les incrustations.

L'eau qui provient de la retenue du barrage de l'Oued El-Lil (cote maximum 440 m.) sera turbinée dans deux usines électriques (production 19 millions de kwh.) avant d'être rejetée dans un bassin de compensation pouvant contenir 100.000 mètres cubes (cote maximum: 237 m.; tranche utilisable : 4 m.). Grâce à ce bassin la marche des

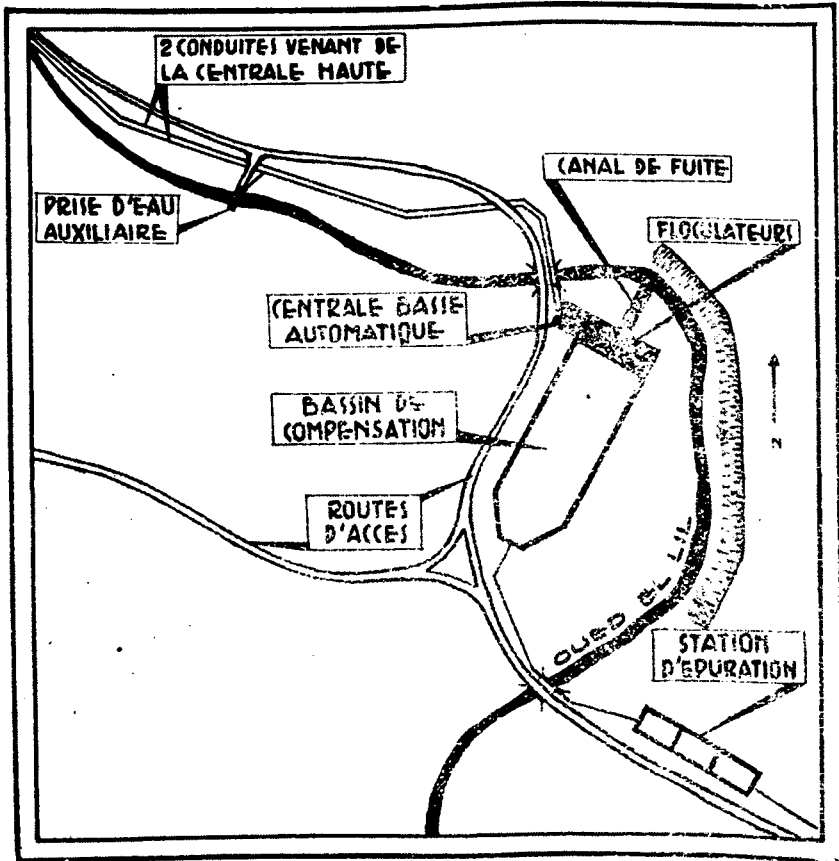


Fig. 3

usines productrices d'électricité sera indépendante de la fourniture d'eau à Tunis; elles pourront se mettre en marche au moment où la demande de courant sera la plus forte. Ce bassin joue également le rôle de décanteur; dans certains cas, l'eau de l'Oued El-Lil est assez chargée; si on la filtrait sans précautions elle colmaterait rapidement les filtres, obligeant à de nombreux nettoyages; elle est donc flocculée grâce à un apport de sulfate d'alumine qui facilite la décantation des impuretés dans le bassin.

La mise en œuvre de ce procédé sera rare lorsque les conduites forcées prélèveront l'eau directement dans la retenue du barrage (en ce cas moins de 10 jours par an). Au contraire lorsque l'eau sera prélevée directement dans l'oued par une prise spéciale (avant l'exécution des usines hydroélectriques et en cas de réparation de celles-ci) la décantation préalable sera sans doute nécessaire.

En tout état de cause (voir fig. 3 et 4) une vanne automatique située en tête de la station d'épuration et commandée par le niveau du plan

d'eau dans la station d'épuration permet de maintenir une charge constante sur les filtres. Des vannes analogues situées à la sortie de chaque filtre permettent d'ajuster exactement la quantité d'eau à filtrer à la demande de la conduite de Tunis. La station de filtration longue de 150 mètres et large de 24 mètres comporte 10 filtres indépendants de 336 mètres carrés chacun (24×14 m.). Ces filtres se trouvent à la partie inférieure de cuves rectangulaires recevant l'eau à épurer; ils sont constitués du bas vers le haut par des dalles de béton poreux et une couche de sable de 75 centimètres d'épaisseur. Les régulateurs de sortie permettent de répartir le débit à filtrer également sur chaque filtre en fonctionnement. Le courant de filtration s'établit de haut en bas avec une vitesse maximum de 1 mètre 34 par heure. Les dépôts se forment surtout au contact de la partie supérieure de la couche filtrante où se constitue une couche biologique active qui facilite la précipitation des impuretés. Le nettoyage de la couche filtrante se fait à l'aide d'un ensemble comportant une boîte ouverte vers le bas et munie à sa partie inférieure d'une tubulure d'injection d'eau. Un pont roulant, se déplaçant sur les filtres permet de descendre le tube d'injection de la herse jusqu'à la base du sable tandis que la boîte n'y pénètre que de quelques centimètres.

Le lavage s'effectue par injection d'eau provenant de la herse et pompage des eaux sales dans la boîte. L'opération dure une minute au bout de laquelle le pont roulant mû électriquement soulève l'ensemble, le déplace de 30 centimètres, le met en place à sa nouvelle position et recommence injection et pompage.

Ce lavage se fera assez rarement, et sa consommation d'eau sera très faible (moins de 1% du cube filtré).

L'eau filtrée se rassemble dans une citerne où elle est traitée chimiquement au chlore gazeux. Cette citerne est reliée directement à la conduite de départ sur Tunis.

L'appel de débit de Tunis provoque les opérations suivantes :

- commencement de baisse dans la citerne;
- ouverture des régulateurs, d'où apport d'eau filtrée rétablissant le niveau;
- ouverture de la vanne de tête qui puise dans le bassin de compensation le débit permettant de maintenir un niveau constant sur les filtres.

L'ensemble de cet appareillage est complété par une vanne (à sur-vitesse) à la sortie de la citerne qui a pour consigne d'isoler la station si le débit demandé est trop fort (cas d'une rupture de la conduite).

II. — La grande longueur de la conduite entre la station d'épuration et les réservoirs d'arrivée a nécessité la création de plusieurs tronçons pour éviter de trop fortes surpressions pendant les commandes de débit. Les cinq tronçons (fig. 5) ont chacun environ 25 kilomètres de longueur. Leur pente varie de 74 centimètres par kilomètre pour les tronçons équipés de tuyaux de 1 mètre 25 de diamètre (Socoman) à 94 centimètres pour ceux équipés de tuyaux de 1 mètre 19 (Bonna). Cette différence de pente permettra d'avoir le même débit maximum pour chaque tronçon de conduite. L'arrivée aux réservoirs

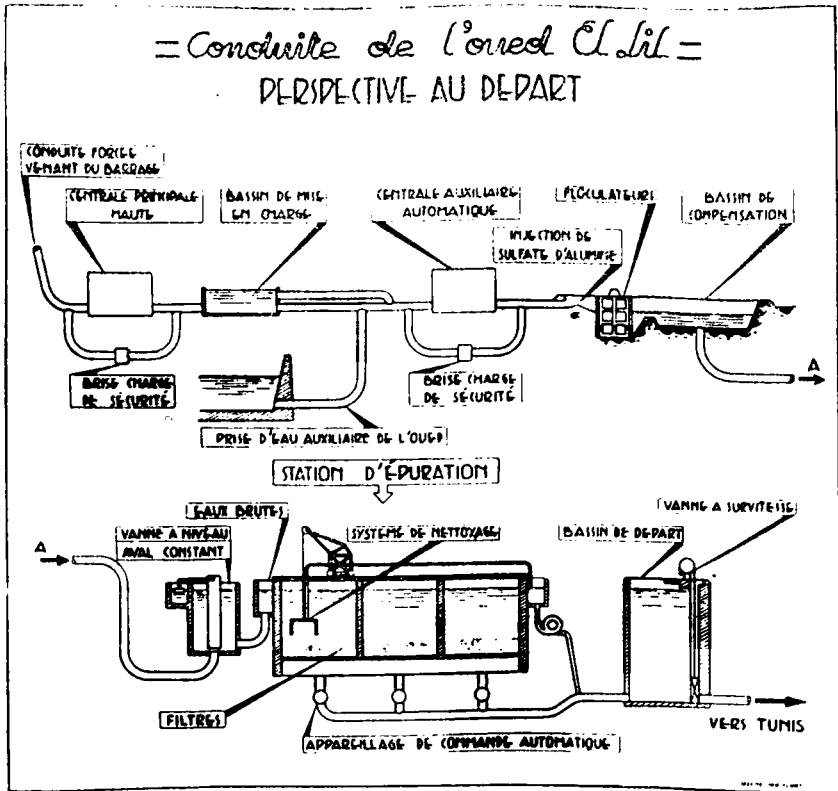


Fig. 4

dominant Tunis se fait à la cote 106, maximum vu la topographie; le départ étant à 230,89, une chute de 12 mètres reste disponible. La topographie du terrain, qui a pratiquement imposé la pente initiale de 74 centimètres (gros terrassements du Col d'El-Guiche, souterrain de Pont-de-Trajan, col de Medjez) a conduit à placer la petite usine près de Medjez.

Ces pentes, dont nous parlons, sont celles de la ligne de charge à plein débit. La conduite dont le kilomètre est très coûteux, est aussi rectiligne que possible. Elle suit le terrain et comporte une succession de points hauts et de points bas relatifs situés toujours en-dessous de la ligne de charge (ligne piézométrique).

Les points bas et les points hauts, chacun au nombre de 50 environ doivent être équipés spécialement.





Les points bas comportent des vidanges (fig. 6) qui permettent une vidange totale de la conduite.

Aux points hauts, l'air qui a pu être entraîné, se rassemble. Ces poches d'air doivent être évacuées car elles risquent de provoquer des surpressions très dangereuses pour la conduite (casse). Elles peuvent se former non seulement lors du remplissage mais aussi pendant le fonctionnement. La ventouse doit donc permettre l'évacuation en

Conduite de l'amed El Lil

≡ PROFIL EN LONG SCHEMATIQUE ≡

LEGENDE

 CANAL D'IMMERSION
 VENTURI DE MESURE
 BRISE CHARGE
 TURBINE

NOTATIONS

L LONGUEUR D'UN TRONCON
 H CHARGE STATIQUE SUR L'ORIFICE
 L PERTE DE CHARGE LINEAIRE
 P COTE AU PLAN D'EAU POUR LE DEBIT MAX

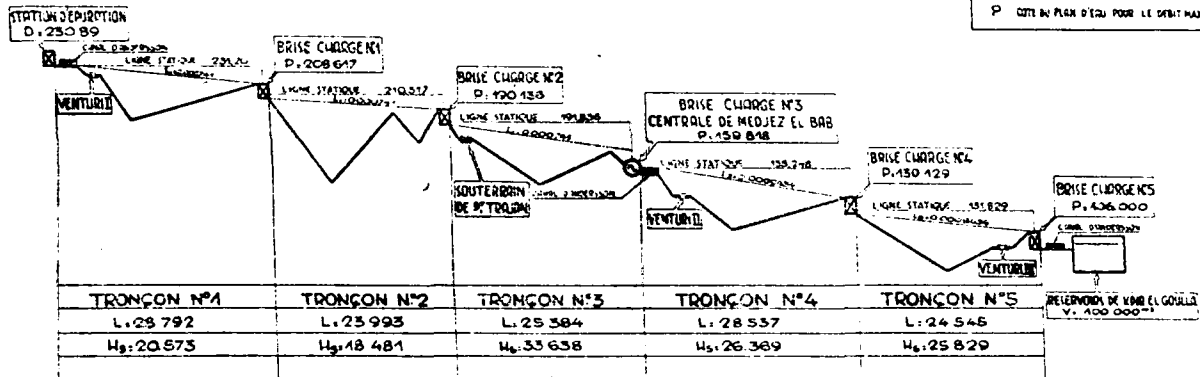


Fig. 5

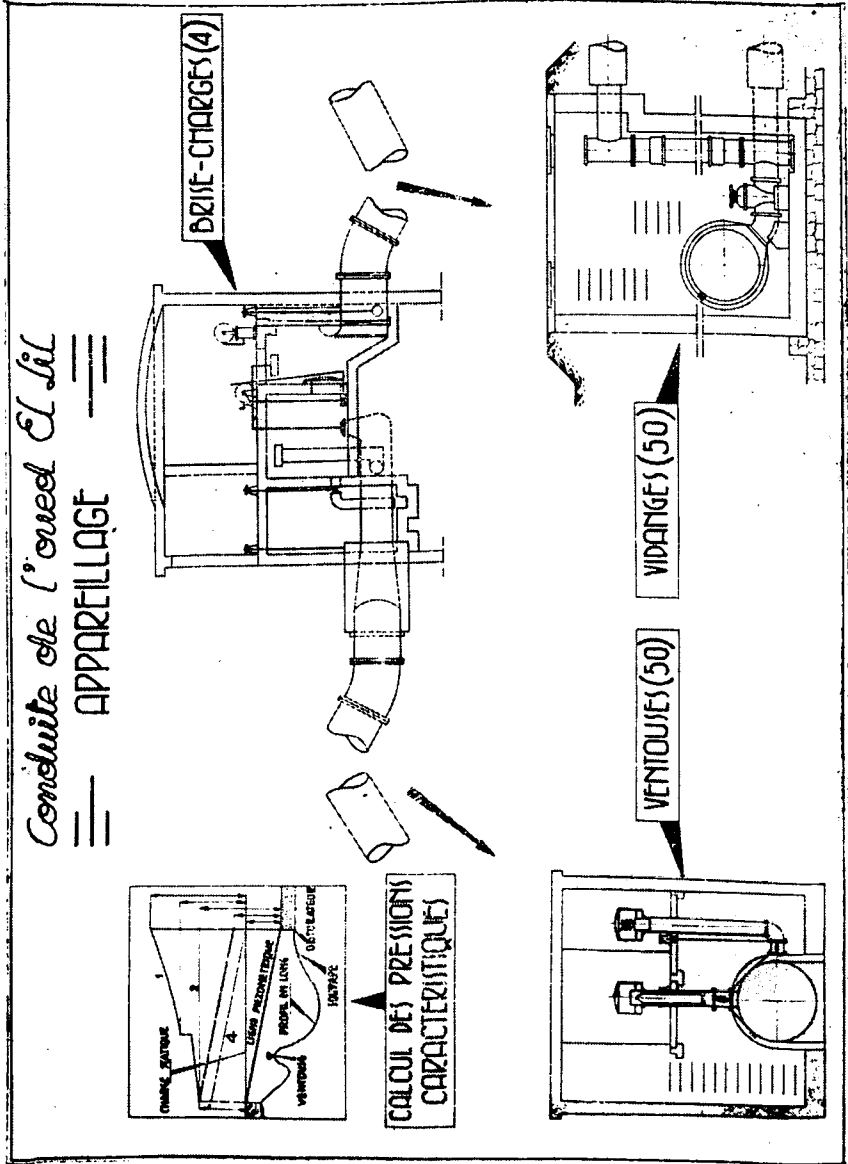


Fig. 6

marche. La Société Neyrpic qui a étudié l'appareillage de la conduite de l'Oued El-Lil a mis au point une ventouse « sonique » à orifice très petit (1,5 cm²) qui permet de limiter à 3 mètres la surpression due à un arrêt instantané du débit d'air (fig. 6). La faiblesse de ce coup de bélier permettra un remplissage très rapide de la conduite. Dès que la pression de l'air a atteint 2 kilos, son éjection se fait à la vitesse du son (30 litres-seconde) provoquant un sifflement caractéristique. Les points sont également équipés de clapets, maintenus fermés par la pression de l'eau, qui permettent lors d'une vidange, l'entrée de l'air ce qui évite la mise en dépression de la conduite, néfaste pour celle-ci et pour les joints des tuyaux.

Les conditions de pente minimum imposées lors de la pose doivent faciliter la remontée de l'air, même à contre-courant, jusqu'aux points hauts prévus pour l'évacuer.

Les 5 tronçons sont séparés les uns des autres par des bassins appelés brise-charge qui les isolent les uns des autres au point de vue des surpressions, et qui reportent de l'aval à l'amont les commandes de débit provenant de Tunis (voir fig. 6).

La variation de débit se traduit dans le bassin par une variation de niveau qui agit sur l'ouverture d'une vanne qui reporte sur le tronçon amont cette même variation de débit. Cette vanne est composée d'un obturateur à plaque relié par tringlerie montée sur cardan à un flotteur. Le centrage de la plaque se fait par la pression d'eau, aucun outillage mécanique n'est nécessaire; il ne peut donc pas y avoir de coincement. L'intérêt d'un tel obturateur, qui ressemble à un robinet de chasse d'eau, est sa simplicité mécanique (centrage hydraulique), et son rôle de limiteur des surpressions. En effet toute surpression est écartée puisqu'elle oblige la vanne à s'ouvrir. Le calcul a montré la stabilité du système qu'il soit considéré seul ou pris dans l'ensemble de la conduite. Ce rôle de limiteur des surpressions, accentué d'ailleurs par un anti-bélier qui lui est joint (composé d'une plaque auto-centrée par l'eau, maintenue en place par un ressort) a permis une diminution considérable de la pression pour laquelle doivent être construits les tuyaux (8 à 9 kg. de diminution) en conservant la même sécurité. Le brise charge qui est divisé en deux unités semblables, comporte de plus les vannes permettant l'entretien des obturateurs, et une vanne à survitesse pour couper l'alimentation, dans le cas où une casse se serait produite à l'aval (casse amenant un débit supérieur maximum prévu).

L'usine hydro-électrique de Medjez-el-Bab permet en plus du rôle de brise-charge ordinaire la production de plus de 1 million de kilowatts-heure par an. Elle comporte une turbine calée sur un alternateur synchrone (150 kw) qui débite directement sur le réseau au travers d'un transformateur 380/30.000 V. Le déchargeur placé en parallèle est analogue au brise-charge normal. Le passage du déchargeur à la turbine (ou l'inverse) se fait automatiquement suivant le débit.

III. — Le brise-charge d'extrémité (B.C. 5) est un peu plus complexe que les brise-charge normaux, puisqu'il donne un niveau constant (106) quel que soit le débit. Les autres avaient un décrement de réglage de 50 centimètres (porte de charge totale 70 cm.). L'alimen-

tation des 16 réservoirs de 8.000 m³ qui sont prévus, se fera par le haut pour permettre le comptage; un système de régulation doit permettre de réaliser la montée de l'eau de façon simultanée dans tous les réservoirs, aucun n'étant préférentiel. La conduite qui les relie aux réservoirs situés plus près de Tunis, pourra grâce à sa pente débiter 35% de plus que la conduite de l'Oued El-Lil. Elle pourra assurer une partie de la pointe journalière de débit (50% supérieure à la moyenne). Une tranche de 30.000 m³ est prévue pour servir de volant à cette pointe. Le reste de la réserve servira de sécurité. Cette réserve a été prise égale à une fois et demie la consommation journalière; les nouveaux réservoirs (150.000 m³) seront construits le plus près possible de la consommation; toutefois faute de place une partie a été rejetée à Gdir-El-Goulat (100.000 m³). L'alimentation des réservoirs de Ras-Tabia, Ar'ana, Amilcar, Bir-Kassa, réservés à l'Oued El-Lil est prévue de façon automatique; un brise-charge simplifié étant adjoit à chaque groupe de réservoir qui sera alimenté par le haut pour permettre le comptage.

Les deux réservoirs de Mathildeville et Manoubia, qui recevront des eaux de l'Oued El-Lil concurremment avec les eaux des adductions actuelles, seront alimentés grâce à des vannes réglables à main à fermeture automatique.

(à suivre)

F. VALIRON,

Ingénieur des Ponts et Chaussées.