L'utilisation de l'eau en Israël

Water utilisation in Israel

PAR A. MAYER

PRÉSIDENT DU CENTRE D'ÉTUDES DES LIANTS HYDRAULIQUES

La quantité d'eau totale susceptible d'être recueillie en Israël ne suffit pas, dans les conditions actuelles, à irriguer les surfaces qui pourraient être rendues disponibles pour l'agriculture. Tout, jusqu'à la dernière goutte, doit être utilisé dans ce but; il n'est donc pas question de projet hydroélectrique. Celui relatif à l'utilisation de l'eau de la Méditerranée amenée en Mer Morte, malgré l'importante dénivellation (392 m), n'est pas économique, car il est limité à la quantité d'eau susceptible d'être évaporé par la Mer Morte, sous peine d'en changer le niveau.

Les différents modes d'utilisation de l'eau sont examinés et notamment l'irrigation du Negev à partir des deux fleuves Yarkon et Jourdain.

Under present conditions the amount of water that can be collected in Israel is inadequate for irrigating all the land that could be made available for agriculture. Every last drop has to be used for this purpose; thus there can be no question of developing hydro-electric power. The plan to use water from the Mediterranean diverted into the Dead Sea, is not economic, in spite of the fact that a 392 m head is available, because the amount of water that could be used would have to be the amount that could be evaporated from the Dead Sea. Otherwise the level of the Dead Sea would rise.

The author examines the various ways of using the water and in particular, discusses the irrigation of the Negev using the waters of the Yarkon and the Jordan.

I. — GÉNÉRALITÉS

Lorsque notre Président me demanda d'exposer à la Société Hydrotechnique de France le problème de l'utilisation de l'eau en Israël, je ne savais pas que cette présentation devait prendre place dans un ensemble relatif aux grands projets hydroélectriques dans le monde. Je lui aurais dit tout de suite qu'il ne pouvait s'agir, en Israël, de projets hydroélectriques, d'abord parce qu'il n'y avait pas, ou pour ainsi dire pas, de sites susceptibles d'être mis en valeur, d'autre part parce que l'eau y était beaucoup trop précieuse pour n'en faire que de l'énergie.

On a pu dire qu'au Moyen-Orient, la richesse naturelle principale était le pétrole; en réalité, ce n'est pas vrai. Seule la présence de l'eau permet de transformer ces pays et de changer la condition de ses habitants. A cet égard, Israël n'est pas un des plus défavorisés, parce qu'au nord de la bande étroite littorale qu'il constitue existe un massif montagneux dans lequel les précipitations annuelles sont de l'ordre du mètre, c'est-à-dire à peu près ce qu'elles sont en

France. Par contre, tout le sud, toute la région du Negev, est aride, avec moins de 10 cm d'eau par an à l'extrême sud. Or, pour nourrir les deux millions d'habitants qui ont immigré vers Israël au cours des dernières années, ou les quatre millions que l'on considère comme éventuellement susceptibles de s'y trouver à l'avenir, il est indispensable d'utiliser au maximum toutes les régions cultivables, et en particulier de mettre en valeur le Negev. Tout le problème de l'eau en Israël consiste à prendre celle-ci au nord, où elle se trouve relativement en abondance, et à la transporter vers le sud de manière à irriguer le Negev.

Cet aménagement hydraulique a fait l'objet de très nombreuses études d'ordre général. Une des premières a été faite par M. Lowdermilk, qui fut un des pionniers de la Tennessee Valley, et qui, en 1944, rédigea son livre sur la « Palestine, terre promise ». M. Lowdermilk y envisageait la création d'une Jordan Valley Authority à l'instar de ce qui avait été fait dans la Ten-

nessee, et son ouvrage fut accueilli avec grand enthousiasme par la population de la Palestine. Deux groupes d'études furent constitués sous le patronage de l'Agence Juive, l'un à New York, l'autre à Jérusalem, ce dernier présidé par M. Ben Gourion, président actuel du gouvernement d'Israël.

Le bureau technique de New York était présidé par M. Hays, un ingénieur hydraulicien américain. Le résultat des travaux de ces deux Commissions fut la publication, en 1948, d'un rapport intitulé « T.V.A. sur le Jourdain », qui parut deux semaines après la création de l'Etat d'Israël.

L'idée qui avait présidé aux études des deux Commissions était de mettre sur pied un projet susceptible de valoriser non seulement la Palestine, mais encore les zones voisines du Liban et de Jordanie. A cet effet, la Commission envisageait non seulement d'utiliser les eaux propres à Israël, mais encore celles dont dispose le Liban et que celui-ci n'utilise pas; en particulier elle prévoyait l'aménagement du cours inférieur du Litani au Liban.

Dès la création de l'Etat d'Israël, le Gouvernement confia au Ministère de l'Agriculture et à son service des Eaux, dirigé à l'époque par M. Blass, la préparation d'un programme national d'irrigation. Le Service prit alors le nom de Waterplanning for Israël, Ltd. et devint un bureau d'études d'Etat, indépendant, et à budget autonome. La direction technique en fut confiée à M. de Leeuw, qui dirigeait à l'époque l'exploitation des Potasses de la Mer Morte. Celui-ci est resté à la tête de cet organisme jusqu'en 1957, date à laquelle il remplaça M. Lowdermilk comme professeur au Technion de Haïfa et comme expert international.

Le projet établi par Waterplanning se limite aux frontières et aux ressources propres de l'Etat d'Israël. Il a fait l'objet de divers examens par un groupe d'experts américains, lesquels, en 1956, en approuvèrent les dispositions.

Avant d'exposer les grandes lignes de ce programme, je reprendrai les diverses caractéristiques de l'Etat d'Israël au point de vue de son approvisionnement en eau.

II. — DISPONIBILITÉS

Comme je l'ai dit, la pluviométrie est variable et passe de 1 m dans le nord-est du pays à 10 cm dans le sud du Négév.

Signalons que le pays est recouvert d'une carapace calcaire karstique récente. Les précipi-

tations à peine tombées s'évaporent ou s'infiltrant. Le taux de ruissellement est extrêmement faible. Toutefois, la présence de couches étanches à certaines profondeurs permet l'accumulation de nappes importantes, en particulier

dans la zone côtière. L'utilisation de ces nappes fait bien entendu partie du programme d'ensemble d'aménagement hydraulique de l'Etat d'Israël. Les disponibilités et les différentes sources d'eau sont les suivantes :

D'abord et avant tout le Jourdain. Cette rivière est formée par trois cours d'eau venant tous les trois du Mont Hermon. Deux prennent leur source au Liban, le troisième en Israël même. Le cours du Jourdain, on le sait, est presque exactement nord-sud; descendant du Mont Hermon, il traverse le lac de Tibériade, déjà à 200 m au-dessous du niveau de la mer, il se jette dans la Mer Morte à la cote — 392. Le débit moyen est de 20 m³/s, soit 550 000 000 de m³/an.

Une autre rivière, le Yarkon, collecte les eaux de ruissellement de la zone vallonnée à l'est de Tel Aviv. Elle se jette dans la Méditerranée au nord de cette ville.

Dans notre pays, le Yarkon serait un petit cours d'eau auquel on n'attacherait aucune importance et le voyageur est surpris, après avoir tant entendu parler des projets de captage des eaux du Yarkon, de constater le faible débit de cette rivière.

Le Jourdain et le Yarkon sont pratiquement les seules rivières d'Israël. Il existe en outre un certain nombre de sources à la limite de la plaine côtière et dans la vallée du Jourdain, qui correspondent à des affleurements des couches imperméables sous la carapace karstique.

On a évalué le débit total des sources et du Yarkon à 425 millions de m³ qui s'écoulent vers l'ouest et 165 millions de m³ s'écoulant vers l'est, c'est-à-dire vers la vallée du Jourdain.

Les nappes souterraines sont, je l'ai déjà dit, un élément important de l'alimentation en eau d'Israël. Les disponibilités de ces nappes sont mal connues. On a pu les évaluer à 450 millions de m³/an, une fois l'exploitation en route depuis quelques années. Au début, les quantités disponibles seront très supérieures du fait de l'accumulation de l'eau qui séjourne dans la nappe depuis toujours.

L'inventaire des eaux disponibles en Israël comprend en outre les eaux de crues, dont le volume total a été évalué à 250 millions de m³/an. On se propose d'en recueillir la moitié dans des retenues convenables.

Restent enfin deux récupérations que l'on compte faire : d'abord 100 millions de m³ sur les eaux d'irrigation, puis la moitié environ des 300 millions de m³ utilisés par la population pour sa consommation propre.

Le total de ces disponibilités est malheureusement insuffisant pour l'irrigation de l'ensemble des terres qui seraient capables de produire. Israël se trouve en présence d'un déficit constant d'eau; il s'agit pour le Gouvernement et le pays d'utiliser l'eau jusqu'à la dernière goutte et de ne pas en laisser partir la moindre fraction à la mer.

III. — ÉTUDES ET RÉALISATIONS

J'ai déjà indiqué la création, en 1952, d'un organisme d'études autonome, bien que relevant directement des pouvoirs publics, dont le nom anglais est Waterplanning for Israël, Ltd. Les premières lettres de la traduction en hébreu de ces mots donnent « Tahal », dénomination sous laquelle ce bureau d'études est généralement connu. Il a la forme d'une société : 52 % des parts sont entre les mains du Gouvernement, 24 % à l'Agence Juive et 24 % au Fonds National Juif. Il s'appuie sur les Services d'Agriculture, Météorologique, Géologique et Géotechnique de l'Etat et sur le Technion d'Haïfa et comprend 270 personnes rien qu'en cadres et techniciens. La compétence de ce bureau est actuellement universellement reconnue, si bien que divers pays lui ont confié des études relatives à leur mise en valeur.

Une grande partie des réalisations est confiée à une société d'intérêt public, dénommée Meko-

roth, fondée en 1938 par l'Agence Juive, le Fonds National Juif et la Centrale syndicale Histadrut. Mekoroth est chargée plus spécialement des sondages et de la construction des canalisations. Cette société a créé deux usines pour la fabrication de tuyaux en acier d'une part, en béton précontraint d'autre part. Elle a diverses filiales pour l'exécution des travaux de sondages et de terrassement. Son personnel total est de 5 000 ouvriers et cadres.

Les grands travaux à réaliser en Israël sont en général exécutés par l'Entreprise Solel Boneh, entreprise d'Etat, la plus importante probablement du Moyen-Orient et qui, dès à présent, travaille en dehors des limites de l'Etat d'Israël. Elle emploie au total 25 000 personnes.

À côté de Solel Boneh, existent d'ailleurs quelques entreprises privées d'importance bien moindre, mais qui permettent aux représentants

de l'Etat d'Israël de pouvoir affirmer que l'économie n'est pas exclusivement étatique.

Les moyens d'étude et de réalisation des grands programmes sont donc largement suffisants, surtout en raison de leur caractère limité et de la précarité des fonds qui peuvent être utilisés pour les financer. Ces projets n'en présentent pas moins pour le pays une importance vitale. La surface maxima susceptible d'être irriguée n'est guère que le quart de la surface totale du pays et les disponibilités en eau, même évaluées à deux millions de m³/an, ne permettent d'irriguer que la moitié de cette surface. Or, dans la plaine côtière, l'irrigation multiplie les rendements par quatre; au Negev, sans irrigation aucune culture n'est possible; si on a de l'eau on peut faire deux récoltes par an.

Le programme d'utilisation d'eau en Israël comprend des projets locaux, des projets régionaux et un programme national. Avant d'arriver au programme national, nous dirons quelques mots des projets locaux et régionaux.

1. Projets locaux.

Ceux-ci ont, en grande partie, été réalisés par Mekoroth qui a créé, notamment dans la plaine côtière, des stations de pompage par puits ou forages et des installations de captage des sources.

Pendant la période 1952-1956, on a foré 53 000 m de puits ou de forages, mis en place des stations de pompage d'une puissance totale de 125 000 ch et on a construit des réservoirs d'une capacité totale de 830 000 m³.

Tous ces aménagements comportent des transports d'eau en direction est-ouest, qui pourront un jour être rattachés aux canalisations principales.

2. Projets régionaux.

J'en citerai quatre, tous en cours de réalisation par Mekoroth.

a) LES MARAIS DE HULEH.

Les marais de Huleh se trouvent immédiatement au nord du lac de Tibériade, à proximité des sources du Jourdain. C'est un des rares points en Israël où le sol soit constitué par une marne étanche et, lors de ma première visite en 1950, j'avais suggéré d'y installer le réservoir régulateur nécessaire à l'alimentation de la conduite principale vers le Negev. Il n'a pas été donné suite à cette suggestion, d'abord parce que des engagements avaient été pris de rendre ce terrain à la culture, d'autre part parce que

le réservoir qui aurait conditionné l'existence même d'Israël se serait trouvé au contact immédiat de la frontière jordanienne.

L'assèchement des marais de Huleh est pratiquement terminé. On a récupéré 5 000 ha pour l'agriculture et la surface totale irriguée est de 13 000 ha. L'eau est amenée de la source du Dan par une conduite de 34 km.

b) IRRIGATION. RÉGION DE BEISAN.

Une conduite de 30 km de 1,80 m de diamètre capte les sources de la plaine de Beisan et alimente les canaux d'irrigation de celle-ci. Cette canalisation permet également de déverser dans le lac de Tibériade l'excédent des sources en hiver et de récupérer cette eau pendant la saison sèche.

c) IRRIGATION DE LA PLAINE DE GALILÉE.

Un programme important est en cours, comprenant l'irrigation de la zone côtière en provenance des sources et des puits dans la plaine au nord de Haïfa. On y déverse également les eaux usées et purifiées de la ville d'Haïfa. Enfin une certaine réserve est constituée dans un bassin en aval d'Haïfa pour recueillir les crues de la rivière Kishon.

d) CONDUITES YARKON-NEGEV.

Il est prévu deux conduites, l'une à l'est, l'autre à l'ouest, pour amener au Negev la plus grande partie des eaux du Yarkon. La moitié environ de ces eaux est captée au voisinage des sources et amenée vers le sud par une conduite de 1,25 m en béton. Le reste des eaux sera capté près de la mer. On y ajoutera les eaux de récupération purifiées de l'agglomération de Tel Aviv; une conduite de 1,50 m est prévue et partiellement construite.

Dès à présent il existe 95 km de conduite de 1,50 m, 12 km de conduite de 1,25 m et trois stations de pompage de 18 000 ch au total. La capacité totale est de 200 000 000 de m³/an, la surface irriguée 37 000 ha.

3. Programme national. La liaison Jourdain-Negev.

La liaison Jourdain-Negev est le grand programme d'aménagement hydraulique d'Israël, le seul peut-être dont il aurait dû être question au cours de cet exposé.

Comme il a déjà été indiqué, la quantité d'eau disponible est de 550 millions de m³/an auxquels s'ajoutent 65 millions provenant du drainage des marais de Huleh. On prévoit une utilisation de 300 millions de m³ pouvant ultérieurement être portés à 375 millions de m³/an permettant l'irrigation de 55 000 ha.

Des trois sources qui alimentent le Jourdain,

seule celle située en Israël a un débit pratiquement constant, de l'ordre de 10 à 15 m³/s. Les autres ont un débit variable, qu'il est nécessaire de régulariser. D'autre part, les besoins en eau à l'autre extrémité de la conduite ne sont pas constants. Ils sont évidemment maxima pendant la saison chaude qui est aussi la saison sèche. Une régulation annuelle est donc indispensable.

Les premiers projets américains prévoyaient à cet effet l'utilisation de la plaine de Beit Natufah, laquelle, topographiquement, se prête admirablement à la création d'une retenue.

Lors de ma première visite, en 1950, j'avais attiré l'attention de mes compagnons de voyage sur la porosité apparente des roches constituant la retenue et avais fait des réserves sur la possibilité d'utiliser cet emplacement.

Quelques années après, les géologues américains arrivèrent à la même conclusion. Aussi le projet actuel comporte-t-il, comme bassin d'accumulation, le lac de Tibériade lui-même. Il y a là une surface considérable, le fond est bien entendu parfaitement étanche, malheureusement il est à 225 m en contrebas de la canalisation qui l'alimente; d'autre part, il reçoit les eaux d'un certain nombre de sources salées qu'il faut détourner si on veut récupérer une grande quantité d'eau pour s'en servir pour les besoins domestiques.

La liaison Jourdain Negev comporte :

a) UN CANAL DE DÉRIVATION DU JOURDAIN et un BASSIN D'ACCUMULATION de petite dimension au Wadi Tufah. Ce canal a une longueur de 42 km, il va de la cote 52 à la cote 37. Sa capa-

FIG. 1. — Travaux préparatoires.

cité est de 25 m³/s au départ pour tomber à 20 m³ après la station de pompage.

Le canal est destiné à transporter par an 435 millions de m³, dont 200 sont envoyés directement au réservoir du Wadi Tufah. Les 235 millions restant sont envoyés au lac de Tibériade, qui sert de bassin d'accumulation.

Pour récupérer les dépenses que le fait d'avoir à pomper cette énorme quantité d'eau du lac au bassin du Wadi Tufah, c'est-à-dire sur 255 m, a nécessitées, on a équipé la chute en bassin d'accumulation destiné à fournir du courant de pointe au réseau général d'alimentation du pays, les pompes étant faites pendant la nuit sur du courant fourni par le réseau à bas prix. La différence de valeur entre le courant produit et le courant utilisé permet à la fois d'amortir les frais d'installation de la centrale et d'assurer le

pompage sur les 120 m qui correspondent à la différence de niveau entre le Wadi Tufah et le réservoir de Beit Natufah, qui constitue le véritable départ de la conduite.

Comme je l'ai indiqué, ce réservoir devait initialement servir de bassin unique d'accumulation. Actuellement, en raison de l'impossibilité d'étancher l'ensemble du réservoir, on a simplement prévu la constitution, à la sortie de la vallée de Beit Natufah, d'une réserve de faible importance, à un niveau tel que l'eau puisse, de là, s'écouler par simple gravité jusqu'au Negev.

L'usine de Tabigha (prononcer Tabra) comprend une usine génératrice de 40 000 kW produisant du courant de pointe, une station de pompage destinée à remonter les eaux du lac vers le réservoir du Wadi Tufah. La capacité de ce réservoir est de 7 millions de m³; il peut donc

FIG. 2.
Forage
des mines.

FIG. 3.
Excavation.

FIG. 4.
Préparation
de la
forme.

déjà servir de volant en cas d'immobilisation de l'usine. A signaler qu'entre le Wadi Tufah et Beit Natufah, on a déjà réalisé un tunnel de 850 m (fig. 6 à 9).

b) CONDUITE BEIT NATUFAH-NEGEV.

Cette conduite est la pièce maîtresse de tout le système. En sortant du réservoir de Beit Natufah, elle traverse un tunnel, puis suit la plaine côtière passant de la cote 145 à la cote 85 à l'arrivée à Faluja, où est prévu le centre de distribution. Elle est destinée à transporter 240 millions de m³; la vitesse de circulation sera accélérée par deux stations de pompage.

La conduite est prévue en béton précontraint de 2,50 m de diamètre. Elle doit constituer le régulateur de l'ensemble du système hydraulique du pays. Tous les réseaux locaux doivent être raccordés à cette conduite de manière à avoir une interconnection et à pouvoir parer, le cas échéant, à une insuffisance locale.

Le long de cette conduite, un certain nombre de réservoirs sont prévus, notamment au Wadi Sarrar qui doit pouvoir emmagasiner un volume de 80 millions de m³. Ces réservoirs, bien entendu, servent également à capter les eaux de crues des torrents qui s'y déversent.

Telles sont les grandes lignes de l'aménagement général de l'adduction de l'eau du Jourdain

au Negev. On a prévu une distribution à partir de Faluja. L'emplacement exact de l'arrivée de la conduite était, à l'époque de ma dernière

visite, encore à l'étude, en raison de la difficulté de trouver ou de constituer près de Faluja un réservoir étanche.

IV. — LES PROBLÈMES TECHNIQUES

Après avoir indiqué les grandes lignes de l'aménagement d'Israël, je voudrais dire quelques mots des problèmes techniques qui se posent dans ce pays et des conditions dans lesquelles ils ont été étudiés sinon résolus.

a) LUTTE CONTRE L'ÉVAPORATION.

Israël est, à ma connaissance, un des trois seuls pays où la question de la lutte contre l'évaporation dans les réservoirs situés en pays chaud ait été sérieusement examinée. Des études y ont été faites s'inspirant des résultats obtenus au Bureau of Reclamation, aux Etats-Unis, et par le Centre de Recherche Scientifique et Industrielle, en Australie. Dans les différents cas, elles ont porté sur des alcools solides à longue chaîne, du

type hexadecanol, qui se présentent sous la forme d'un solide cireux plus léger que l'eau. Lorsqu'on dépose un fragment à la surface de l'eau, celui-ci donne une couche monomoléculaire qui se répand progressivement sur toute la surface et constitue une protection semi-étanche contre l'évaporation.

Des essais faits en Israël ont montré que l'étanchéité obtenue n'était pas parfaite. Elle ne devait d'ailleurs pas l'être, à moins de provoquer le développement dans l'eau d'une faune anaérobie, qui rendrait l'eau impropre à la consommation. Néanmoins, les pertes par évaporation sont réduites d'une quantité variant entre le tiers et la moitié, ce qui, dans un pays où l'évaporation atteint et dépasse 1,50 m par an, a déjà une importance considérable.

FIG. 5.
Bétonnage
de la
forme.

Fig. 6.
Forage.

Jusqu'ici, à ma connaissance, le procédé n'a pas été appliqué à grande échelle; les essais de laboratoire en ont toutefois montré l'intérêt.

b) ETANCHÉITÉ DES RÉSERVOIRS.

La constitution d'un réservoir étanche est le problème principal dans un pays où presque partout la roche est fissurée au point d'être totalement impropre à constituer une retenue. L'utilisation de tapis en matériaux limoneux ou argileux doit permettre cependant d'atteindre ce résultat. Il est bien entendu que ceci ne s'appli-

que que dans le cas d'une fissuration généralisée de la roche.

Les « ponors » de Yougoslavie, qui sont des canalisations souterraines atteignant parfois plusieurs mètres de diamètre, nécessitent un traitement tout différent.

La construction de tapis pour la protection de la roche a fait l'objet, en Israël, d'études systématiques lorsque la question de l'utilisation de la plaine de Beit Natufah comme réservoir principal s'est posée.

On a constitué deux bassins artificiels de 20 m $\times$ 20 m dans lesquels on a étudié le meil-

FIG. 7.
Entrée du tunnel.

FIG. 8.
Vue du tunnel.

Fig. 9. — Injections d'étanchéité.

leur mode de protection de la roche. Initialement le niveau dans les bassins baissait de plusieurs dizaines de cm par jour. La constitution d'un tapis a permis de réduire cette valeur à une quantité comparable aux pertes par évaporation. On a constaté d'ailleurs qu'il ne suffisait pas d'appliquer en surface de la roche un matériau imperméable si le fond des bassins risquait d'être exposé pendant la saison sèche à l'action du soleil. Il faut, en partant de la roche, avoir tout d'abord un filtre destiné à retenir les parties fines en cas de fissuration, puis la couche étanche d'au moins 1 m d'épaisseur constituée par un limon ou une argile corroyée, enfin en surface une protection constituée par une couche d'au moins 25 cm de cailloux ou d'embrochements destinés à empêcher les animaux d'atteindre la couche étanche.

Une importante série d'essais, d'ailleurs subventionnée par la Fondation Ford, a été faite à Beit Natufah. J'ai eu l'occasion de voir ces essais en cours d'exécution et de suggérer quelques modifications au programme. Une application in-

téressante a d'ailleurs été faite de la méthode d'étanchement par tapis dans la retenue de Tel Yeruham, dans le Negev. Celle-ci avait été barrée par un ouvrage en béton assis sur du calcaire fissuré. Le fond de la retenue était constitué par de la marne, mais celle-ci plongeait vers l'aval et était recouverte à l'emplacement du barrage par le calcaire. Il a suffi de rétablir un tapis marneux en surface jusqu'au barrage pour obtenir une étanchéité satisfaisante.

Pratiquement un travail analogue doit être effectué dans la plupart des retenues d'Israël pour assurer leur étanchéité.

c) UTILISATION DU LOESS.

L'utilisation du loess pour la constitution de digues étanches a également fait l'objet d'études, ce matériau étant, dans certaines parties du Negev, le seul susceptible d'être employé.

L'expérience a prouvé que le loess, après remaniement et mise en place correcte, pouvait constituer des digues d'une stabilité tout à fait satisfaisante, alors qu'en place il comporte des

vides extrêmement importants dus aux conditions de son dépôt.

d) CONSTRUCTION DE TUNNELS
EN MILIEU SATURÉ.

La construction de certains souterrains a posé des problèmes difficiles du fait de l'existence d'une nappe aquifère dans la roche extrêmement fissurée. Il en est ainsi en particulier de la construction de la cavité destinée à abriter l'usine de pompage de Tabigha, au voisinage du lac de Tibériade.

Les méthodes appliquées en France pour la construction de la galerie d'Issarlès, c'est-à-dire la constitution d'un cylindre étanche par injections, au milieu duquel on a fait la perforation,

a permis de faire le creusement avec d'excellents résultats. Il est intéressant à ce propos de noter que les méthodes, mises au point en France et appliquées en Israël, ont été suggérées aux Etats-Unis à une entreprise spécialisée par un ingénieur israélien qui y faisait un stage et y ont permis de résoudre un problème particulièrement délicat.

Je n'ai cité ici que les problèmes de ma compétence et que j'ai eu l'occasion d'étudier lors de mes visites en Israël. Il existe au Technion d'Haïfa un laboratoire d'hydraulique fort bien monté, dont le directeur est M. Irmaï. Celui-ci est de formation belge, ainsi d'ailleurs que M. Aisenstein, le chef de la Section des barrages en terre de Tahal. Ils sont tous deux d'excellents ingénieurs.

V. — LA LIAISON MÉDITERRANÉE-MER MORTE

Il n'a, dans tout cet exposé, pas été question du grand projet qui vient à l'esprit de tout ingénieur qui regarde pour la première fois la carte d'Israël : la liaison Méditerranée-Mer Morte.

Une telle liaison permettrait d'utiliser la différence de niveau de près de 400 m entre les deux nappes. Le projet est certes séduisant et le serait davantage si la quantité d'eau susceptible d'être prélevée sur la Méditerranée n'était pas limitée par la nécessité de maintenir, approximativement à son niveau actuel, l'eau de la Mer Morte sous peine de noyer les installations industrielles qui se trouvent sur ses bords. On ne peut donc faire arriver dans la Mer Morte qu'une quantité d'eau équivalente à celle qui s'évapore. Même si l'on tient compte de la réduction des apports correspondant à la mise en service de la canalisation Jourdain-Negev, l'équipement maximum réalisable ne serait, d'après les études qui m'ont été communiquées, que de 30 000 kW environ.

L'importance des travaux à faire pour amener l'eau de la Méditerranée à la Mer Morte, en raison de la dénivellation qu'il faudrait franchir, rendrait l'opération extrêmement onéreuse. Un calcul sommaire, fait à l'époque de ma dernière visite en Israël, avait montré que le prix de revient du kW serait deux fois plus cher que

celui d'une centrale thermique installée sur la côte. Il est possible qu'une fois la conduite Jourdain-Negev en fonctionnement, on soit néanmoins amené à réaliser une liaison Méditerranée-Mer Morte pour compenser la baisse de niveau de la Mer Morte que produira le détournement des eaux du Jourdain. Pour l'instant, le projet paraît complètement abandonné.

L'utilisation de l'eau en Israël mériterait bien d'autres développements. C'est ainsi que l'irrigation par arrosage en pluie, qui commence seulement à se répandre en France, est là-bas universellement adoptée. L'eau est, dans ce pays, beaucoup trop précieuse pour risquer d'en perdre une fraction importante par infiltration au cours de son transport.

Les techniques les plus modernes sont aussi employées pour la construction des canalisations. On a choisi le béton précontraint de préférence au métal car le ciment est abondant en Israël et fabriqué localement, tandis que le métal doit être importé. Mais l'étude de tous ces facteurs nous entraînerait hors des limites de cet exposé.

Je tiens, en terminant, à adresser mon meilleur souvenir à tout l'état-major de Tahal ainsi qu'à M. de Leeuw, grâce auquel j'ai fait en Israël ce voyage si intéressant et que j'espère y revoir un jour prochain.

DISCUSSION

Président : M. DUFFAUT

M. le Président félicite et remercie M. MAYER de sa très belle conférence et souligne l'intérêt des travaux israéliens présentés.

M. le Président remarquant qu'il n'est pas d'usage qu'un pays prenne tout le débit d'un cours d'eau international, M. MAYER confirme que le volume total de l'eau

du Jourdain, utilisée par Israël et comprenant la partie dérivée et la partie stockée dans le lac de Tibériade, est de l'ordre de 300 000 000 m³/an, alors que le volume total naturel est de l'ordre de 600 000 000 m³/an.

M. le Président demande si la possibilité d'utiliser des réservoirs souterrains, analogues à ceux que l'on réalise pour le gaz, a été envisagée pour l'eau en Israël où elle aurait l'avantage d'éviter l'évaporation.

M. MAYER répond que cette possibilité n'a pas été considérée parce qu'il n'existe pas ou qu'il existe très peu de roches étanches, à part le réservoir naturel voisin de la côte, constitué par la nappe et exploité par les forages.

M. CHAMAYOU demande si l'on a pensé à utiliser l'eau de mer en l'adoucissant.

M. MAYER confirme qu'une Section de l'Institut Scientifique Israélien étudie l'adoucissement de l'eau, soit par l'évaporation qui exige un combustible cher en Israël, soit par un traitement chimique qui n'est pas économique non plus.

M. Christian BEAU signale que le Gouvernement israélien lui avait demandé l'année dernière d'examiner, au cours d'une mission sur place, la possibilité de produire de l'énergie et surtout de l'eau douce, soit à la Mer Morte, soit à la Mer Rouge près d'Eilat, par application des procédés étudiés par la Société « Énergie des Mers ».

La question est en suspens en raison des difficultés propres à ces cas très particuliers qui ne se situent d'ailleurs pas en zone tropicale.

Pour la Mer Morte, il y a bien, tout au moins à certaines heures de la journée, 40° C en surface pendant l'été, alors que par ailleurs on trouve à une trentaine de mètres de profondeur une couche d'eau froide à 20° C, ce qui fait apparaître une différence de température de 20° C. Ces conditions sont extrêmement intéressantes du point de vue des investissements à consacrer à la conduite d'aspiration d'eau froide. Mais cet avantage est compensé par le fait que de telles températures de surface n'existent que pendant quelques mois de l'année. En hiver, la température de surface est même inférieure à celle des profondeurs. En outre, les niveaux de la Mer Morte varient et varieront considérablement en fonction des saisons, de certains cycles inter-annuels et enfin des travaux de dérivation du Jourdain actuellement en cours, ce qui complique singulièrement la question de l'implantation d'une centrale, étant donné surtout le débit considérable d'eau à prévoir. Par ailleurs, l'extrême salinité de la Mer Morte complique encore le problème : à une même température, la tension de vapeur d'une eau très salée est en effet très différente de la tension de la vapeur d'une eau douce ou d'une eau de mer normale; en outre, la salinité en Mer Morte augmente considérablement avec la profondeur, car on y constate une densité d'environ 1,16 en surface, 1,22 à 30 mètres de profondeur et 1,30 vers le fond, ce qui entraîne des variations de tensions de vapeur en fonction de la profondeur, se combinant avec celles provenant des variations de températures. Ajoutons enfin que la couche d'eau froide n'est pas considérable et qu'on ne sait pas exactement comment elle se renouvellera.

Du côté de la Mer Rouge près d'Eilat, on se heurte au fait qu'en surface, il n'y a guère plus de 27° C dans la saison chaude et qu'en profondeur l'eau ne descend pas en dessous de 20° C par suite de l'existence de seuils

trop élevés aux entrées en Mer Rouge et dans le golfe d'Akaba, seuils qui empêchent l'accès jusqu'à Eilat des eaux froides océaniques, plus denses, sont par conséquent plus profondes. L'écart de 20° C nécessaire pour une centrale d'énergie thermique des mers ne pourrait donc y être obtenu que grâce à des bassins de réchauffage solaire, lesquels permettraient sans doute d'obtenir comme en Mer Morte des températures de l'ordre de 40° C. D'autres procédés sont en cours d'étude pour obtenir le même résultat, tels que l'emploi de réseaux de canalisation souterrains à quelques décimètres du sol, l'expérience ayant montré que l'eau douce qui sortait des conduites d'adduction situées à une telle profondeur atteignait souvent 40° C.

En résumé, des difficultés particulières existent pour la réalisation en Israël de centrales d'énergie thermique des mers susceptibles de produire de l'énergie et de l'eau douce, mais ces difficultés ne paraissent pas insurmontables. Or l'eau douce, qui peut ainsi être produite, et d'une façon massive, en même temps que l'électricité, ne coûterait pas cher si de telles centrales pouvaient trouver leur équilibre économique avec la vente d'énergie; car le supplément d'investissement à prévoir pour obtenir de l'eau douce est le remplacement des condenseurs en pluie par des condenseurs à surface qui coûtent un peu plus cher. Il est donc vraisemblable que si l'on arrive à une réalisation de ce type, l'eau douce ainsi produite en partant de l'eau de mer sera plus économique que celle produite en appliquant d'autres principes.

M. René COLAS pense qu'on peut être étonné par le fait que le procédé de dessalage de l'eau de mer par électrodialyse n'ait pas été poussé davantage en Israël étant donné que l'invention en a été faite par le docteur Walter Juda, il y a une dizaine d'années, lorsqu'il était à l'Institut Réovoth, avant de poursuivre ses essais aux U.S.A.

On arrive maintenant à un prix de revient de 200 F au m³ d'eau par ce procédé, qui devient ainsi applicable à la production d'eau potable, mais non, bien entendu, à celle d'eau d'irrigation.

M. MAYER observe qu'Israël est un des pays où l'on vend le plus cher l'eau d'irrigation : 30 F le m³, mais on est tout de même loin de 200 F.

M. René COLAS répond que la quantité d'eau mise, au moins théoriquement, à la disposition des Israéliens, est de 2 000 000 000 de m³ par an, pour une population de 2 000 000 d'habitants. Il est curieux de rapprocher le cube moyen annuel par habitant, qui est donc de 1 000 m³ de celui que l'on constate aux U.S.A., où, tous besoins confondus, y compris ceux de l'irrigation, on arrivait en 1955 à 180 milliards de m³ par an. Il est vraisemblable qu'on atteint là un chiffre qui demeurera valable pendant un certain temps. Si les besoins s'accroissent, dans tous les pays, en face de ressources qui ne sont pas illimitées, on prend partout conscience du problème de l'eau et l'on s'oriente de plus en plus vers une politique d'économie. Israël peut donc largement subsister avec ses ressources actuelles, mais se retrouvera devant le problème de l'augmentation de ces ressources, lorsque sa population se sera à nouveau accrue dans une certaine proportion.

Nous ne sommes pas très loin du moment où, en maints endroits de la planète, les problèmes d'eau vont se poser sur le plan international. Et nous n'y échapperons pas, en France même, pour nos régions de l'Est et du Nord.