

LA HOUILLE BLANCHE

ÉDITIONS J. REY - B. ARTHAUD, Éditeur, GRENOBLE

Abonnement pour une Année { France..... 40 francs } Le Numéro : 7 francs
 { Étranger..... 50 francs }

Compte Chèques Postaux LYON 5-84

SOMMAIRE

LES FORCES HYDRAULIQUES. — Les richesses naturelles de la Palestine et la chute d'eau de la Mer Morte.

ÉLECTRICITÉ. — Un nouveau procédé pour la mesure de la flèche des lignes aériennes.

TRACTION ÉLECTRIQUE. — L'électrification du Virginian Railway.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — Le calcul des tubes à section elliptique soumis à une pression intérieure, par M. Frank

F. FERGUSON, A. M. I. C. E., F. G. S., ingénieur aux Etablissements J. Blakeboroug & Sons, England.

LÉGISLATION. — Cahier des charges pour la concession par l'Etat d'une distribution publique d'énergie électrique (non applicable à une concession de distribution aux services publics).

DOCUMENTATION.

INFORMATIONS.

BIBLIOGRAPHIE.

LES FORCES HYDRAULIQUES

Les richesses naturelles de la Palestine et la chute d'eau de la Mer Morte

Avant la grande guerre qui a bouleversé le monde, la Palestine était, avec la Syrie, une sorte de province de la Turquie d'Asie; elle était soumise à l'autorité civile, militaire et religieuse du Sultan. Son activité, au point de vue industriel et économique, était fort rudimentaire, sinon tout à fait nulle.

L'élément étranger : les Anglais, les Allemands et surtout les Français, avait officieusement contribué à l'étude de la géographie physique et économique de ce pays, qui, s'il avait joué un rôle prodigieux dans le domaine de la pensée, était resté inutilisé au point de vue de la mise en valeur de ses richesses naturelles.

En particulier doit-on citer la mission française du Duc de Luynes, dont la relation se trouve publiée dans le magnifique ouvrage paru sous le titre de *Voyage d'Exploration à la Mer Morte, à Petra et sur la rive gauche du Jourdain* par le Duc de Luynes, membre de l'Institut; œuvre posthume publiée par ses petits-fils, sous la direction de M. le Comte de Vogüé, membre de l'Institut. Le premier volume contenait la relation du voyage avec avertissement de M. le Comte de Vogüé, ancien Ambassadeur de France à Constantinople, et parut en août 1874. Le second volume, résumant les études de 1864 comprenait deux parties : l'une contenait les notes sur la Mer Morte et le Wadi Arabah, par le lieutenant de vaisseau Vigne, avec tables, vues, etc.; l'autre décrivait le voyage de Jérusalem à Krak et à Chaubak, par MM. Mauss et Sauver. Le troisième volume enfin était intitulé : *Exploration géologique de la Mer Morte, de la Palestine et de l'Idumée*, par Louis Lartet, docteur ès-sciences, professeur à la Faculté de Toulouse, avec un avant-propos de Louis Lartet, daté de Toulouse, 1874-1875.

Cet ensemble constitue une œuvre de tout premier ordre, consciencieuse et fort complète, à laquelle nulle autre publication étrangère ne peut être comparée. Il y aurait à faire une analogie avec l'œuvre formidable édiflée par les savants français en Egypte sous l'inspiration de Napoléon I^{er}. Ces derniers, cantonnés dans le domaine archéologique, découvrirent, peut-on dire, l'Egypte ancienne et exhumèrent des bords du Nil et des sables du Désert, l'âme de la plus remarquable et de la plus durable des civilisations qui aient existé. Dans une mesure équivalente, mais sous un autre point de vue, la mission du Duc de Luynes découvrit et fit connaître les sources de richesses possibles de la Palestine, laquelle, venons-nous de dire, n'avait retenu l'attention du monde que par le rôle qu'elle a joué à l'origine de l'Ere Chrétienne et pendant le Moyen Age.

D'autres missions de même genre, telles que celle de M. le Docteur Lortet, doyen de la Faculté de Médecine de Lyon, résumée dans son ouvrage *La Syrie d'Aujourd'hui*, ajoutèrent d'autres connaissances à celles recueillies par le Duc de Luynes.

Il est loin de notre pensée de sous-estimer la valeur de la documentation publiée sporadiquement, principalement dans ces dernières années, par de nombreux savants étrangers, sans grande cohésion. Mais il faut reconnaître que le rôle de la France dans l'étude de la géographie palestinienne a été immense. Et nous verrons que d'autres Français ont continué l'initiative de ces précurseurs en signalant une autre source de richesses naturelles qui est loin d'être négligeable et pourrait contribuer largement à la prospérité de ce pays.

Depuis la guerre de 1914-1918, la situation a changé. La Palestine est devenue un organisme distinct, échappant à la

domination Ottomane, et que la Société des Nations, par un acte daté du 24 juillet 1922, a placé sous le contrôle de l'Empire Britannique, avec l'intention d'y voir établir un foyer national pour le peuple Juif. On sait que la Syrie, de même, a été mise sous le contrôle de la France.

Le fait que la Palestine soit tombée sous le contrôle anglais doit-il faire oublier l'intervention française ? Il ne le semble pas, car ce contrôle a un but précis et déterminé, qui est la constitution d'un Etat Sioniste indépendant, souvent proposé, mais qui ne peut avoir des chances de s'établir que sous la tutelle d'une grande nation, dont le rôle ne doit être que momentané.

A l'incurie et à l'inertie turques, il est possible de prévoir que succédera, pour ce pays, une ère de prospérité qui sera le couronnement de ce mouvement sioniste tâtonnant et hésitant encore.

Cette prospérité peut être recherchée dans diverses directions : dans un développement agricole intense, et aussi dans une activité industrielle particulière et, pourrions-nous dire, inusitée.

Nous allons jeter un coup d'œil sur les ressources possibles de ce pays et sur les richesses naturelles dont il est permis d'envisager l'exploitation. Nous n'avons pas l'intention d'en faire un inventaire détaillé et complet ; mais nous signalerons quelques-unes des entreprises qui contiennent de grandes espérances de prospérité future. A côté de l'extension de l'agriculture, nous parlerons de l'exploitation des réserves salines contenues dans les eaux de la Mer Morte, et aussi de l'étrange chute d'eau, unique en son genre, proposée il y a déjà 25 ans par un ingénieur français, M. Simon.

Malgré l'importance du rôle historique qu'il a joué dans le Monde, le peuple Juif n'a jamais constitué une grande nation qui ait su créer, dans le domaine économique, des œuvres solides et durables. Les Hébreux furent d'abord des pasteurs devenus, par la force des choses, des agriculteurs. La principale raison de leur cohésion semble être que leur petite province était située sur le chemin qui relie l'Assyrie et la Chaldée avec l'Egypte. De même d'autres groupements ne se sont maintenus sur les points qu'ils occupèrent primitivement que parce qu'ils jalonnaient une route parcourue par des courants de migrations sans cesse renouvelées.

Avant que nos civilisations modernes, plus audacieuses et plus tenaces, aient réussi à transformer des régions et à modifier leur caractère originaire, les conditions de fertilité du sol, les facilités plus ou moins grandes de leur arrosage, imprimaient à un pays une allure déterminée, imposée par la nature. Aujourd'hui,

les moyens d'action sont plus puissants ; et il apparaît que la Palestine peut devenir un domaine de choix pour l'extension de l'agriculture et aussi pour certaines exploitations industrielles. C'est ce que nous allons démontrer lorsque nous aurons donné un aperçu de la situation géogaphique.

La côte Méditerranéenne de la Syrie et de la Palestine est orientée à peu près dans la direction Nord-Sud, en s'inclinant, dans ce sens, vers l'Ouest. Elle est sensiblement droite, avec très peu d'indentations. Quelques éperons font pourtant une légère saillie dans la mer, tel à Beyrouth et à Khaïfa. Le long de cette côte sont situées un certain nombre de villes dont les noms sont dans toutes les mémoires : Beyrouth, Sidon, Tyr, St-Jean-d'Acre, Jaffa, etc...

Le système orographique est simple : Une chaîne : le Liban,

dont quelques sommets dépassent 3.000 mètres, suit la direction de la côte à 30 ou 40 kilomètres de distance. Son versant occidental s'incline vers la Méditerranée, y projetant certaines chaînes secondaires telle que celle du Mont Carmel qui abrite Khaïfa. Son altitude décroît en progressant du Nord au Sud et devient très faible au col de Zérin qui atteint à peine 120 mètres de haut ; elle augmente ensuite en formant les Monts de Galilée.

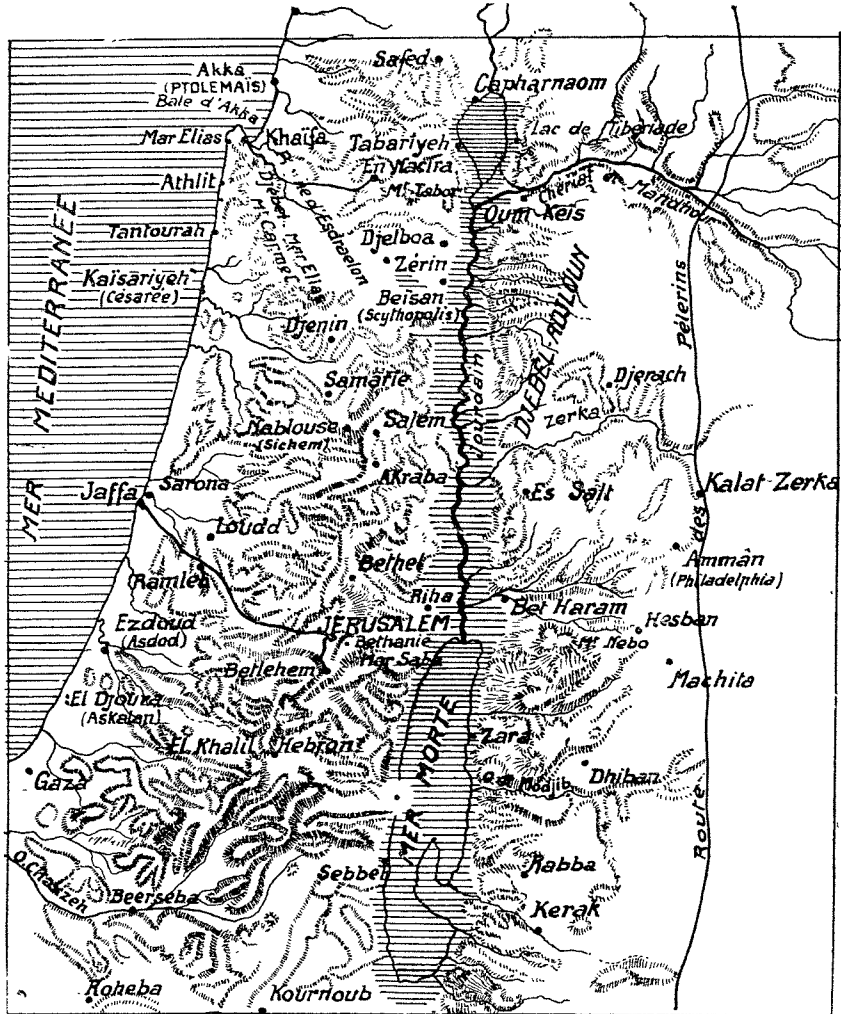
Ici les sommets les plus élevés avoisinent la côte 1.000 mètres. Plus au Sud enfin la chaîne diminue de hauteur et se perd pour ainsi dire sans sommets importants dans la direction de l'Isthme de Suez.

Une seconde chaîne, sensiblement parallèle à la première : l'Anti-Liban, règne à faible distance, servant d'appui aux plateaux désertiques de la partie occidentale de la contrée. Elle prend, en

avançant vers le Sud, divers noms, tout en conservant le même caractère.

Entre les deux chaînes se creuse une étrange vallée, celle du Jourdain, qui aboutit à la Mer Morte et constitue un bassin fermé, sans communication aucune avec la Méditerranée ou les autres mers.

Né au Grand Hermon, dans l'Anti-Liban et formé de la réunion de plusieurs branches, le Jourdain devient unique à partir du lac Houleh, sorte de lagune sans profondeur, à bords incertains noyés dans les roseaux. Le lac Houleh — les Eaux de Merom de la Bible — n'a qu'une superficie restreinte de 18 kilomètres carrés ; ses variations de niveau suivant les saisons régularisent un peu, mais très peu, le débit du Jourdain. L'altitude de ce lac est d'environ deux mètres au-dessus de celle de la Méditerranée. C'est à l'aval que se forme la creusure inusitée de la vallée du



Jourdain, sorte de coup de gouge qui s'enfoncé graduellement dans la terre jusqu'à atteindre, au fond de la Mer Morte, la cote 800 mètres.

En sortant du lac Houleh, le Jourdain se précipite dans son ornière avec une pente rapide de 1% environ et atteint, à une vingtaine de kilomètres de là, le lac de Tibériade ou mer de Galilée dont la surface est plus considérable, 175 kilomètres carrés environ. La profondeur moyenne semble être d'une quarantaine de mètres. Les eaux sont limpides, douces et très poissonneuses.

Le niveau du lac s'étale à environ 208 mètres au-dessous de celui de la Méditerranée dont, à vol d'oiseau, une quarantaine de kilomètres le sépare. Il apparaît que le niveau actuel ne s'est établi qu'à la suite d'oscillations diverses. Des plages et des terrasses se montrent sur le cercle de montagnes qui l'enserme, indiquant que des niveaux variables se sont établis et ont duré un certain temps dans la suite des siècles. La plus élevée de ces terrasses correspond à peu près au niveau de la Méditerranée.

Le Jourdain continue sa course descendante dans sa vallée inférieure, appelée le *Ghor* par les Arabes. En ligne droite une distance de 104 kilomètres sépare le lac de Tibériade de la Mer Morte. Les sinuosités du fleuve portent à 144 kilomètres, d'après Press, la longueur de ce trajet.

La vallée du Ghor est relativement large et varie de 10 à 20 kilomètres. Elle a une forme générale concave, avec, au point bas, la creusure du fleuve. Sauf quelques points particuliers, cette vallée est inhabitée et inutilisée. Le peu de fréquences de sources capables d'irriguer le sol lui imprim-

me un caractère général de désolation. Là pourtant où l'eau abonde, la végétation est d'une luxuriance remarquable. L'oasis de Jéricho est plantée de bananiers, d'orangers, de grenadiers, etc... Jadis les palmiers existaient en grande abondance; ils sont devenus beaucoup plus rares, probablement par suite du défaut d'irrigation, car, suivant l'adage arabe, le palmier vit la tête au feu, les pieds dans l'eau. On y cultive le blé, l'orge, les petits pois, les haricots.

Enfin, le Jourdain se précipite dans la Mer Morte ou lac Asphaltite, terme de sa course, dont la superficie est d'environ 1.000 kilomètres carrés et dont le niveau moyen est à 396 mètres au-dessous du zéro de nos cartes. C'est le plus bas des niveaux observés sur notre planète. La plus grande profondeur de la Mer Morte atteint environ 400 mètres, de telle sorte que son fond est à près de 800 mètres au-dessous de la Méditerranée.

Vers le Sud, la profondeur du lac décroît. Aux environs des lieux, où, suivant la Bible, se trouvaient les villes de Sodome et de Gomorrhe, l'ornière sort des eaux et se relève suivant une

rampe modérée dans la direction du golfe d'Akabah qui aboutit lui-même à la Mer Rouge, et, avec le golfe de Suez, enserme la Presqu'île de Sinaï. Un seuil de 250 mètres de hauteur semble démontrer, malgré ce qu'en croient certains auteurs, que la vallée du Jourdain n'a jamais pu communiquer avec ce golfe d'Akabah et, par conséquent, avec la mer Rouge.

Le Jourdain constitue donc, avec le lac Asphaltite, un bassin fermé sans aucune communication avec les autres mers.

Les bassins fermés ne sont pas rares sur la terre, principalement dans les continents massifs. Une partie de l'Asie recueille des eaux qui n'aboutissent jamais aux Océans, mais sont recueillies par des cuvettes dont le niveau n'a aucune relation avec celui des mers, qui, on le sait, est sensiblement uniforme et définit la surface du géoïde terrestre. Le lac de Van, en Turquie d'Asie, s'étale à 1.650 mètres d'altitude. L'immense mer Caspienne est à 26 mètres au-dessous du niveau de la Mer Noire. En Afrique quelques Chotts sont à 30 ou 35 mètres au-dessous du zéro des cartes. Le grand lac Salé de l'Amérique du Nord est perché à l'altitude de 1280 mètres.

Le bassin fermé du Jourdain présente quelques particularités uniques. Sa profondeur de 396 mètres en fait le point le plus bas qui existe sur terre; et d'autre part sa proximité de la Méditerranée est très grande. Sur une longueur de près de 250 kilomètres cette vallée est parallèle à la côte Palestinienne dont une distance variant entre 40 et 80 kilomètres la sépare.

Cette creusure unique n'a attiré l'attention des hommes que depuis très peu de temps. Des civilisations entières avaient

passées sans que cette dépression ait été mentionnée. Il y a à peine cent ans qu'elle fut découverte et qu'elle a été étudiée tant soit peu scientifiquement. On ne saurait trop regretter qu'un programme d'ensemble, rationnel et unique, n'ait pas présidé à toutes les recherches des savants qui s'en occupèrent. Il faut d'ailleurs reconnaître qu'avant la fin de la guerre, en 1918, et même avant le Statut de la Palestine de 1922, il n'y avait aucune autorité soucieuse de donner à ces études une tournure méthodique. Chacun fit ses observations personnelles comme il l'entendait. Il est à espérer que l'organisation sioniste saura mieux orienter toutes les bonnes volontés. A l'heure actuelle — chose qui peut paraître étrange — il n'y a pas encore, sur les bords de la Mer Morte, une seule station limnimétrique ou une seule station météorologique; de sorte que, pas plus sur les variations saisonnières du niveau que sur les questions des précipitations atmosphériques, de l'évaporation ou même de l'alimentation de la mer par le Jourdain et par les autres rivières et les sources qui y aboutissent, il n'y a de séries d'observations dignes de créance auxquelles on puisse se rapporter. Chaque



Bethléem. — Place de la Nativité

observateur a donné de son mieux ses évaluations sans pouvoir les appuyer sur des faits incontestables.

La creusure du Ghor a provoqué de nombreuses études. On a cherché à l'expliquer en invoquant des séismes, des effondrements, des phénomènes éruptifs. Nous n'avons pas l'intention d'énumérer les thèses avancées par les géographes et les géologues. Le fait est là, quelle que soit son origine ou sa cause.

Le climat de la vallée du Jourdain varie suivant les régions. Dans le cours supérieur de la rivière, il présente quelque analogie avec celui des Pyrénées. Aux abords de la Mer de Galilée, il est déjà beaucoup plus chaud. Près de la Mer Morte, il est tropical et semble se rapprocher de celui du cours supérieur du Nil, à Assouan ou même plus au Sud encore. Les précipitations atmosphériques, moyennement abondantes en amont, deviennent plus rares dans les environs du lac de Tibériade qui ne recevrait que 40 à 50^c/_m d'eau par an. Au lac Asphaltite, il semble que les pluies ne déversent annuellement sur le sol qu'une lame d'eau de 1 à 2 décimètres au plus. La station météorologique de Jéricho, qui n'existe guère que depuis 3 à 4 ans, permet de se rendre compte d'une manière approximative de ce qui se passe dans l'ultime profondeur de la vallée, où la chaleur est excessive et l'aspect désertique. Mais l'on sait combien un pays chaud, convenablement arrosé, peut devenir fertile.

Nous citerons souvent le nom d'un ingénieur français M. Audebeau Bey, lequel connaît à fond les questions d'agriculture et d'irrigation en Egypte, et qui appelé par la *Palestine Zionist Executive* à donner son avis sur certains problèmes d'hydraulique agricole dans les plaines du bas Jourdain, résuma ses conclusions dans une conférence qu'il fit le 7 octobre 1927 à la Société des Ingénieurs civils de France.

Les parties de la Palestine qui sont actuellement les plus cultivées sont les plus propices à de nouveaux développements agricoles. Les eaux de pluies et les rivières superficielles y sont assez parcimonieusement répandues ; mais il semble que les nappes souterraines seraient plus abondantes et que, par un puisage approprié, il serait possible de ramener en surface l'eau fertilisante. Cela nécessiterait une certaine dépense de force motrice ; mais n'existe-t-il pas, en France et ailleurs, de vastes régions dont la fertilité dépend d'irrigations de ce genre, et qui, malgré le prix de revient de la force motrice, permettent une exploitation rémunératrice.

Dans la vallée du Jourdain, si profondément creusée, que l'on ne peut songer à élever les eaux du fleuve à l'altitude des plaines cotières, le problème de l'arrosage se pose d'une manière différente. Il semble qu'il soit possible, mais avec des dépenses initiales assez considérables, d'établir au pied des collines, sur la rive droite et sur la rive gauche du fleuve, deux canaux d'irri-

gation destinés à arroser la concavité de la vallée. Certaines sources, dont l'émergence se produit à des niveaux favorables, sont ou ont été ainsi utilisées ; l'oasis de Jéricho en est un exemple frappant. Peut-être cette irrigation pourrait-elle se faire par gravité, donc sans dépense d'énergie. Mais, encore une fois, le capital nécessaire à une telle opération est élevé.

Le peuple Juif, si apte à toutes les opérations commerciales, serait-il compétent et persévérant dans cette industrie particulière qu'est l'agriculture, industrie qui demande une main-d'œuvre abondante ? Il y a là un problème que résoudra l'avenir et auquel il semble difficile de prédire avec certitude une solution. Une volonté tenace l'investissement de capitaux dont la rémunération ne sera pas immédiate, un plan d'ensemble progressivement suivi dans son exécution, formeront la clé de l'avenir de la Palestine sous le rapport agricole.

Nous avons dit tout à l'heure que les niveaux des cuvettes de réception des bassins fermés n'avaient pas de relations avec celui des mers. Une autre différence se produit au sujet de la composition de leurs eaux. Les Océans, communiquant entre eux et brassés dans une certaine mesure par les courants, ont tendance à voir s'uniformiser leur degré de salure. Et, de fait, les variations sont assez faibles. Si l'on admet que la densité moyenne des eaux des mers est d'environ 1,027, on observera des densités moindres dans les mers des pays froids où l'évaporation est faible et l'alimentation par les pluies ou par les fleuves abondante. Dans les mers plus chaudes, l'inverse se produit. La Méditerranée atteint la densité moyenne de 1,029 ; on observe 1,033 dans la Mer Rouge.

Dans les bassins fermés cette densité, suivant les cas, est singulièrement dépassée. Dans les abîmes de la Mer Morte la densité de 1,227 est courante, elle est supérieure encore sur certaines plages où l'évaporation est élevée, et atteindrait 1,250. L'eau de la Mer Morte peut être considérée comme le fond d'alambic d'un appareil distillatoire. Elle ne cristallise pas encore, mais le point où elle le fera n'est pas bien loin d'être atteint. Il se produirait si le niveau continue à s'abaisser, ce que l'on observe dans certains chotts algériens. A certaines époques de l'année, la cristallisation se produit en grand.

L'eau des fleuves contient des matières salines qu'elle entraîne en dissolution et que recueille le réservoir de réception final. De ce dernier l'eau seule s'évapore et la solution se concentre de plus en plus. Il serait intéressant de calculer le nombre de siècles qui fut nécessaire pour que l'apport des eaux du Jourdain aboutisse à constituer l'énormité du stock de sels divers que contient le lac Asphaltite. Sans attendre de ce calcul une grande précision, peut-être les géologues pourraient-ils y trouver certaines indications précieuses. Mais, pour l'établir, faudrait-il



Rives du Jourdain

connaître avec un certain degré d'approximation la valeur de l'alimentation de la mer. Le principal élément d'apport est évidemment le Jourdain, quoique d'autres rivières moins importantes et des sources assez nombreuses y participent. Or, on ignore le débit moyen de ce fleuve et il y a loin d'y avoir uniformité entre les opinions des divers savants qui l'ont évalué. Les chiffres avancés varient entre 30 et 100 mètres cubes à la seconde, parfois même plus encore. Il faudrait aussi connaître quel a été, dans la suite des siècles, le niveau de la Mer Morte. Ici la documentation est nulle, sauf peut-être dans ces quelques dernières années. Comme d'autre part, en dehors des variations saisonnières, ce niveau oscille probablement, dans un sens ou un autre, suivant une allure extrêmement lente, ce ne sont pas ces quelques séries d'observations qui peuvent constituer une documentation certaine.

Il semble pourtant indiscutable que, si l'on considère des périodes de temps suffisamment longues, le niveau du lac Asphaltite ait tendance à s'abaisser. En l'absence d'observations anciennes, la logique pousse à croire à cette allure du phénomène.

Il n'est d'ailleurs pas plus facile de résoudre le problème en le prenant d'une manière inverse, c'est-à-dire en évaluant non plus la valeur du débit d'alimentation, mais celle de la quantité d'eau disparue annuellement par suite de l'évaporation solaire. Des essais, trop peu nombreux, ont été faits dans ce sens. La valeur de l'évaporation, au même titre que celle de l'alimentation, dépend de cycles climatiques inconnus ; en outre elle dépend dans une large mesure de la concentration momentanée de la solution soumise à l'évaporation. L'expérience de qui fut constaté dans des cas analogues permet seul de se guider.

M. Audebeau Bey fait sagement remarquer que si l'on détournait par l'irrigation une importante partie des eaux du Jourdain, celui-ci ne charrierait plus que les eaux de colature dont le volume serait très réduit. Le niveau de la Mer Morte s'abaisserait alors rapidement et — évalue-t-il, — au bout d'une vingtaine d'années, cet abaissement serait de l'ordre d'une cinquantaine de mètres. Réserve faite sur ces derniers chiffres, la conclusion de M. Audebeau Bey est indiscutable.

Il n'y a pas que la concentration des sels en dissolution qu'il importe d'examiner ; il y a aussi la nature chimique de ces sels, la teneur de chacun d'eux dans l'ensemble. Ici quelques résultats surprennent à première vue. Tandis que la Méditerranée contient une proportion assez notable d'iode, les eaux de la Mer Morte n'en contiennent à peu près pas ; par contre elles abondent en brome sous ses diverses combinaisons avec le sodium de potassium, le magnésium, etc... Ce fait a servi d'argument à de nom-

breux savants pour affirmer que jamais la vallée du Jourdain n'a communiqué avec la Méditerranée. S'ils ne peuvent indiquer l'origine de l'abondance du brome, il leur paraît évident que l'iode méditerranéen n'aurait pu disparaître si la communication avait eu lieu. D'après les analyses de Friedmann en 1910, l'eau contient 27,5% de matières minérales en dissolution. Le chlorure de potassium y figure pour 1,52% ; celui de magnésium pour 10% ; celui de sodium pour 7,85%. De tous ces corps, les plus recherchés par l'industrie sont les sels de potassium.

Si les eaux du Jourdain sont potables et poissonneuses, l'eau du lac Asphaltite a une saveur horrible et tue presque instantanément tous les poissons qui y sont entraînés par le courant. Peut-être, comme le pensait le Dr Lortet, l'abondance de la proportion de bromures en est-elle cause. Les arbres entraînés par le Jourdain deviennent complètement noirs après un court séjour. Ces eaux sont mortelles pour les poissons et pour la végétation.

Avec une pareille concentration, le stock des matières minérales contenues dans la cuvette est formidable. Le magnésium, le potassium s'y trouvent par millions de tonnes. Cette immense réserve devait tenter la convoitise des chimistes et il est de fait que, depuis de longues années déjà, on propose l'extraction méthodique de ceux de ces sels qui, à l'heure actuelle, ont une valeur marchande notable.

En mai 1927, le journal technique anglais *The Engineer*, signalant l'adjudication annoncée par le Ministère des Colonies à Londres, de grosses fournitures de potasse, faisait remarquer que ces

besoins pourraient devenir l'origine de concessions à accorder dans la région de la Mer Morte, où les ressources en potasse sont immenses ; cette industrie étant susceptible de procurer au budget de la Palestine qui, en a tant besoin, des recettes certaines et immédiatement réalisables.

L'idée est en marche, si la réalisation n'existe encore qu'à l'état de projet ou d'essai, Quoiqu'il en soit, la Palestine — ainsi que la Transjordanie, devrions-nous ajouter, car la Mer Morte est située en territoire transjordanien — possède, dans la cuvette du lac Asphaltite, une masse considérable de produits chimiques de grande valeur ; et cela sous un état qui la rend bien plus accessible que si elle existait dans le sol, dont il faudrait l'extraire au moyen de puits, de galeries et de mines. Ce stock est évidemment épuisable, comme l'est toute masse limitée, mais son énormité est rassurante pour ceux qui entreprendront l'exploitation.

En toutes dernières nouvelles, il semblerait que le Gouvernement Palestinien aurait accordé une concession partielle à un groupe financier organisé par Sir Alfred Moud. Le fait mériterait d'être confirmé.

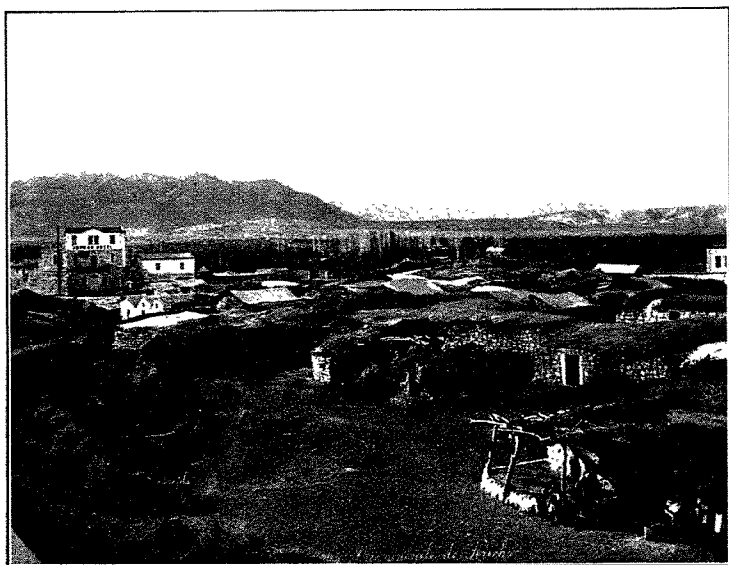


Jéricho. — Source Elysée

Après avoir examiné les services que pouvait rendre le Jourdain pour l'irrigation de sa propre vallée, nous allons étudier quelle peut être sa valeur au point de vue de la création de forces motrices hydrauliques. C'est d'ailleurs lui seul, avec son principal affluent le Yarmouk, qui présente sous ce rapport quelque intérêt : les autres rivières palestiniennes ne sont guère que des torrents de peu d'importance et de débit très variable.

Les branches supérieures du fleuve, avant leur réunion dans le lac Houleh ne peuvent guère fournir que des chutes de puissance réduite et de débit capricieux. Le lac Houleh dont la surface est minime a un pouvoir de régulation assez faible. Mais à l'aval du dit lac, le Jourdain, sur une distance à vol d'oiseau de 20 kilomètres environ, subit une dénivellation de 210 mètres avant de pénétrer dans le lac de Tibériade. C'est là une pente assez importante pour permettre l'organisation d'une chute. Pourtant, dans l'ignorance où l'on se trouve du débit du fleuve en étiage et de l'importance de ses crues, il est prudent de ne pas entreprendre un travail de ce genre avant d'avoir observé, pendant un laps de temps assez long, ce débit.

Par son étendue, la mer de Galilée constitue un réservoir



Vue générale de Jéricho

régulateur beaucoup plus efficace que le lac Houleh ; incapable pourtant d'assurer la constance du débit pendant la saison sèche.

L'utilisation énergétique du Jourdain est en voie de réalisation.

D'après la concession accordée le 5 mars 1926 à la *Palestine Electric Corporation* une des principales centrales hydro-électriques doit être établie à l'aval du confluent du Jourdain et du Yarmouk ; les crues de cet affluent devant être détournées dans le lac de Tibériade. L'usine prévue, et qui est en voie d'exécution, doit être terminée dans cinq ans. Sa puissance serait de 24.000 chevaux. Cette chute n'utilisera d'ailleurs qu'une longueur assez réduite du cours du Jourdain, et laissera, à l'aval, des disponibilités considérables, avant que le fleuve ne se jette dans la Mer Morte.

A côté de ces disponibilités possibles, il en est une autre, imprévue et de forme inaccoutumée, qui ne touche pas au fleuve et lui laisse toutes ses disponibilités, tant au point de vue énergétique qu'au point de vue agricole. C'est l'étrange chute de

la Mer Morte conçue par un ingénieur français M. Simon, qui n'est pas étranger à la création et à l'administration de certaines affaires hydro-électriques de nos Alpes françaises. Le projet qu'il en fit, il y a déjà plus de 25 ans, n'avait, à cette époque, aucune chance d'être réalisé, car l'administration ottomane n'avait guère l'habitude d'encourager les initiatives industrielles. Pour ne pas la laisser dans le silence, M. Simon résuma son étude dans deux articles qui parurent dans les numéros des 15 et 22 août 1903, du Journal *L'Electricien* sous le titre : *Une chute d'eau unique. Fantaisie d'aujourd'hui. Réalité de demain.*

Le principe de la conception de cette chute est le suivant : entre la Méditerranée et la Mer Morte, qui ne sont séparées que par une distance de près de 70 kilomètres, existe une dénivellation de 396 mètres. Une prise d'eau serait aménagée sur les bords de la première. Un tunnel de section et de pente suffisante pour assurer le débit adopté, serait percé en ligne droite sous les monts de Galilée pour aboutir dans une des vallées qui avoisinent la Mer Morte. En ce point une vaste chambre d'eau serait établie, moins pour rendre régulier le débit à la prise — puisque celui-ci n'aurait aucun risque de varier — que pour permettre l'établissement d'une réserve correspondant à l'allure variable de la consommation suivant les heures de la journée. Des conduites forcées, une usine hydro-électrique en bas et la chute serait créée. La hauteur nette de la chute, toutes pertes de charges comprises, serait de 350 mètres environ. Le débit serait quelconque et pour ainsi dire sans limite, car la Méditerranée ne peut pas tarir.

Mais que faire de l'eau introduite ? Ne remplira-t-on pas le lac Asphaltite au bout d'un temps de fonctionnement réduit ? Cela n'est pas à craindre ; l'évaporation due à la chaleur solaire se chargeant d'assurer une constance du niveau sans surélévation notable.

Actuellement, les conditions économiques se montrant singulièrement plus favorables qu'en 1903, M. Simon a repris son idée de chute en collaboration avec M. François Mange, ingénieur à Paris, spécialisé dans les travaux publics et ayant collaboré à la solution de difficiles problèmes dans l'établissement du Canal de Panama. Nous nous étendrons sur le projet de ces ingénieurs, qui est de nature à participer à la prospérité de la Palestine.

Parmi les divers ouvrages à établir; le plus important est évidemment le tunnel. Dès le début de son étude, M. Simon avait envisagé la possibilité d'adopter un tracé qui, en empruntant la plaine d'Esdraelon passerait sous le col de Zerín. La faible altitude de cette vallée et même de ce col aurait permis l'aménagement de puits verticaux de profondeur modérée, qui auraient été utilisés à l'extraction des déblais et à la création d'un certain nombre de fronts d'attaque. Pourtant, la vallée du Jourdain une fois atteinte, après un parcours en tunnel d'environ 45 kilomètres, il fallait rejoindre la Mer Morte au moyen d'un canal à ciel ouvert dont la longueur ne serait guère inférieure à une centaine de kilomètres. On ne pouvait songer en effet à perdre une notable partie de la hauteur de la chute en précipitant dans le Jourdain, sous le parallèle de Zerín, l'eau amenée. Le résultat aurait été de saler tout le Ghor et d'en rendre impossible l'utilisation à l'irrigation. Ce canal devrait obligatoirement être parfaitement étanche et sans fuites pour éviter que ces dernières ne stérilisent par leur résurgence des pays cultivables.

Le seul tracé raisonnable est le tracé en tunnel et en ligne droite, le plus court possible entre l'endroit où l'eau serait prise en Méditerranée et la vallée qui s'enfonce le plus profondément dans les Monts de Galilée aux environs de la cote -40.

Le profil en travers de la région, établi suivant ce tracé, démontre que le tunnel en passant sous le crête des Monts de Galilée aura environ 800 mètres d'épaisseur de terrain au-dessus de lui. Pendant près de 30 kilomètres à partir du point de départ ce plafond ne dépassera guère 100 à 120 mètres; il sera donc possible, dans cette partie, de forer des puits pour enlever les déblais et créer des fronts d'attaque. A l'aval la pente est plus abrupte.

La longueur totale du tunnel est de l'ordre de 65 kilomètres.

Quant à sa section elle dépendra évidemment du débit choisi. Nous verrons plus loin que MM. Simon et Mange proposent de dériver 25 mètres cubes à la seconde parce qu'ils sont persuadés qu'avec ce débit la surélévation du niveau de la Mer Morte sera faible et acceptable. Nous reviendrons sur ce point. La pente dépendra du débit et de la vitesse consentie et, probablement, avoisinera $0,7 \frac{m}{m}$ par mètre.

Un tunnel bien fait, dans un terrain solide, est l'ouvrage qui risque le moins les incidents désagréables. Il n'est pas nécessaire qu'il soit visitable d'une manière continue. Ils sont nombreux les tunnels de nos Alpes qui débitent sans arrêt depuis des périodes de temps considérables. D'ailleurs, à cause de la longueur de ce tunnel, et des nécessités de ne pas le soumettre à de trop fortes pressions, il pourra être prudent d'adopter un dispositif par échelon qui permettrait de rendre le débit régulier, ou d'intervenir rapidement en cas d'accident quelconque.

Le percement du tunnel commandera la durée d'exécution de la chute; peut-être une dizaine d'années. Rien ne laisse croire que des difficultés particulières se présenteront dans les calcaires crétacés qui forment le sous-sol des monts de Galilée. Les venues d'eau, qui sont si redoutées à redouter dans l'exécution des travaux souterrains, ne risquent pas d'être fréquentes ou abondantes, par la raison que ce massif montagneux se trouve drainé naturellement par l'appel de la Mer Morte, que la partie la plus basse du tunnel dominera de plus de 350 mètres.

L'ouvrage sera évidemment coûteux; mais la recette possible est grande.

De la chambre d'eau, il n'y a pas grand chose à dire. Pour une faible dénivellation, elle devra contenir une réserve d'une journée. Son but principal est de laisser passer dans le tunnel une quantité d'eau constante et de n'utiliser dans la réserve que le débit momentané qui conviendra à l'allure irrégulière de la consommation suivant les différentes heures du jour.

Les conduites forcées descendront directement dans le gouffre de la Mer Morte. Elles devront être constituées en un métal choisi pour ne pas avoir à redouter la corrosion par l'eau salée. Il en sera de même pour les turbines de l'usine. Cette dernière serait installée à une cote convenable, de manière à n'être pas noyée par la surélévation du niveau résultant de l'excès d'alimentation.

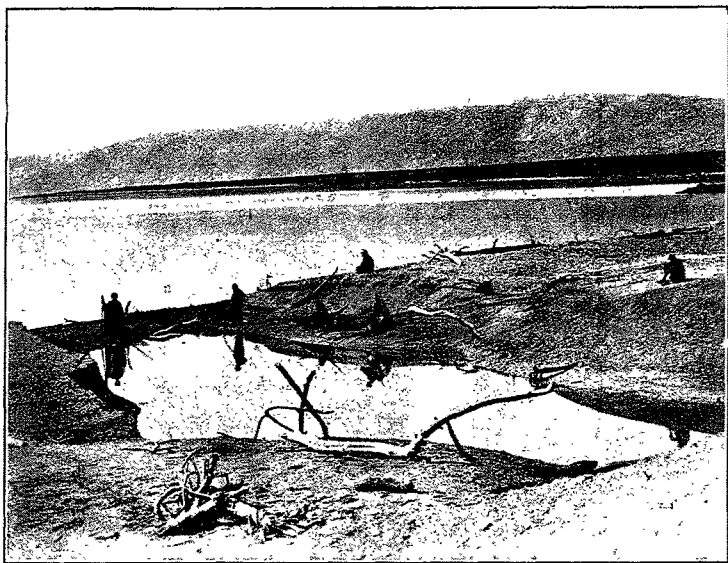
Nous arrivons maintenant au point délicat du système. Il s'agit de prouver que, malgré l'apport d'eau supplémentaire, le niveau de la Mer Morte ne risque pas de s'élever d'une manière excessive.

La hauteur de la lame d'eau qui annuellement s'échappe par évaporation de la Mer Morte est différemment appréciée par les divers auteurs. Press estime qu'elle atteint 5 m. 29; Conder, plus modéré, l'évalue à 4 m. 74; M. Audebeau Bey, se basant sur l'analogie du grand réservoir du Nil à Assouan et admettant que l'alimentation du Jourdain avoisine 100 mètres cubes à la seconde, indique un chiffre variant entre 2 m. 47 et

3 m. 07. Si, à notre époque, la constance du niveau est atteinte, c'est évidemment que le volume évaporé correspond au volume reçu.

Il y a lieu, d'autre part, de considérer qu'à chaque mètre de surélévation du niveau correspond une augmentation de la surface libre. Sur les côtés Est et Ouest l'effet est assez peu sensible car la berge est abrupte, mais au Nord et au Sud, il n'en est plus de même. L'envahissement des eaux sur les plages peu inclinées dans ces directions peut être évaluée. Elle serait en totalité de 5 à 6 kilomètres carrés par mètre de surélévation, ce qui correspond à un accroissement de surface dépassant $1/2 \%$ par mètre.

Ce n'est pas là d'ailleurs le seul phénomène qui interviendra pour l'accroissement de la quantité évaporée. L'eau méditerranéenne, beaucoup moins salée que celle du lac Asphaltite, s'étalera en surface au lieu de pénétrer en profondeur. Or, toutes conditions restant égales, il est indiscutable qu'une solution saline s'évapore d'autant plus abondamment que la concentration est moindre; de telle sorte que, si l'on peut affirmer à coup sûr que la quantité évaporée est, par mètre carré, beaucoup



La Mer Morte

plus élevée dans les régions proches de l'estuaire du Jourdain que sur le reste de la surface de la mer, on peut également certifier que l'eau méditerranéenne, dont la densité moyenne est de 1,029, occasionnera, en s'étalant en surface, une perte d'eau très sensiblement plus élevée que celle qui s'échappe à l'heure actuelle des eaux du lac dont la densité moyenne en surface dépasse 1,22.

Tenant compte de tous ces éléments, MM. Simon et Mange pensent qu'avec un débit de 20 à 25 m³ par seconde, le niveau n'augmentera guère de plus d'une dizaine de mètres avant qu'un nouveau régime stable soit obtenu.

Nous avons dit plus haut que M. Audereau Bey prévoyait que, si l'on employait une partie des eaux du Jourdain pour arroser les terres fertilisables de la vallée, le niveau de la mer Morte baisserait immédiatement dans de fortes proportions. M. Simon l'avait déjà signalé en 1903 et faisait remarquer que l'adoption d'un programme d'irrigation, parallèlement à l'alimentation par l'eau de la Méditerranée, permettrait de maintenir le niveau actuel tout en favorisant à un point extrême le développement agricole de la Vallée.

A coup sûr, on peut affirmer que, si l'on adopte ce moyen

correctif, fort avantageux par lui-même, on restera maître de maintenir au point où il se trouve de nos jours le niveau de la surface du Lac Asphaltite malgré l'afflux d'eaux nouvelles.

Partons donc de ce débit de 25 mètres cubes par seconde avec 350 mètres de hauteur nette. La puissance de la chute atteindra pratiquement près de 90.000 chevaux, soit 65.000 kilowatts, et cette puissance sera continue. Au bout de l'année, le nombre de kilowatts-heures produit dépassera notablement 5 00 millions (1).

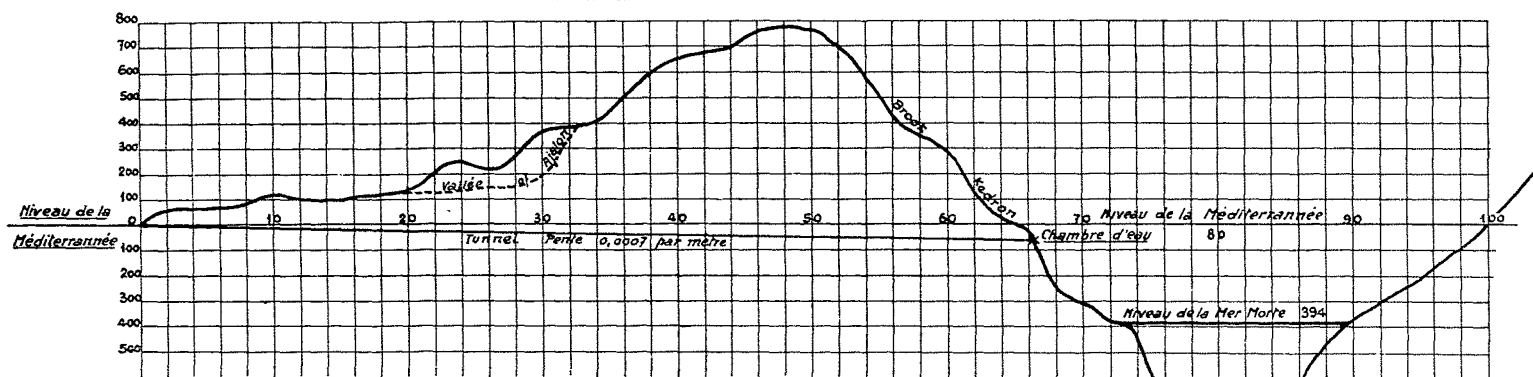
Cette chute viendrait se classer parmi les plus puissantes qui soient exploitées à l'heure présente. Elle créerait une quantité considérable d'énergie utilisable là où il n'y a rien. Elle ne toucherait en rien le système hydraulique du Jourdain qui conserverait toutes les disponibilités qu'il possède au point de vue énergétique et lui laisserait toute sa puissance fertilisante comme organe d'irrigation. Elle n'abîmerait ni ne gâcherait rien, car, dans le cas même où l'on consentirait à une surélévation du niveau actuel de la Mer Morte, il n'en résulterait aucun dommage : ses rives sont désertes, désolées, inutilisées et inutilisables.

Le projet actuel de MM. Simon et Mange ne s'écarte guère de celui publié pour la première fois en 1903 par le premier de ces ingénieurs. Nous avons tout lieu de croire que personne avant lui n'avait eu cette idée. Mais depuis cette

On voit difficilement, dans les conditions où elle se présente, l'établissement d'une station de pompage capable d'élever par seconde cent mètres cubes d'eau à 120 mètres de haut. Reprenant une idée ancienne, émise par quelques industriels anglais, lorsque le percement de l'Isthme de Suez par un Français gênait leur amour-propre national, M. Gandillon imaginait d'utiliser ce débit considérable pour alimenter un canal navigable qui pénétrerait ainsi dans le cœur de la Palestine. Peut-être n'avait-il pas pensé que ce canal, rempli d'eau salée, stériliserait ses rives et pourrait, par ses fuites, créer dans des régions cultivables des sources salées capables de produire beaucoup de mal. M. Gandillon faisait remarquer — il avait même pris un brevet anglais à ce sujet — que l'énergie consommée pour l'élévation de l'eau au col de Zerim serait récupérée, sauf les pertes de rendement, par l'accroissement de la hauteur de la chute. Pomper de l'eau pour surmonter un seuil s'est d'ailleurs fait dans les Alpes.

A la suite de l'apparition de cette note aux Comptes rendus, M. Simon fit connaître à MM. Imbeaux et Gandillon, qui n'avaient pas eu connaissance des articles de *L'Electricien* de 1903, sa priorité constatée par ces articles. Par une seconde note dans la même publication, M. Imbeaux reconnut l'antériorité de M. Simon.

Profil du terrain entre Jaffa et la mer Morte.



époque la même conception est venue à l'esprit d'autres personnes.

En 1920, un ingénieur norvégien, M. Albert Hjorth, l'imagina de nouveau, mais mis, en présence de l'antériorité de M. Simon, il n'insista pas.

Plus récemment, en 1925, M. Imbeaux communiquait à l'Académie des Sciences une note insérée dans le N° 1, 6 juillet 1925, du tome 181 des Comptes rendus, dans laquelle il signalait qu'un ingénieur français de ses amis, M. Gandillon, avait imaginé d'utiliser l'eau de la Méditerranée dérivée vers la Mer Morte pour créer une chute puissante. Le principe de l'organisation de la chute diffère assez sensiblement de celui adopté par MM. Simon et Mange.

Il semble probable que M. Gandillon n'ait pas songé, ou ait reculé devant le percement direct d'un tunnel servant à l'amenée de l'eau sur les bords de la Mer Morte. Par une combinaison moins simple, il proposait de prendre cent mètres cubes d'eau à la seconde de la Méditerranée, de pomper cette eau jusqu'au Col de Zerim, à la cote +120, et de l'utiliser ensuite en une ou plusieurs chutes jusqu'au lac Asphaltite. Il ne parlait d'ailleurs pas du mécanisme d'évaporation de ce dernier.

(1) Comme terme de comparaison, il y a lieu de noter que la concession en vigueur autorise l'application des prix de 3 piastres égyptiennes (environ 78 centimes) pour l'éclairage des particuliers, et de 1 piastre 1/2 (environ 39 centimes) pour l'éclairage public et la force motrice industrielle.

Un point particulier de la question reste à exposer.

Créer 500 millions de kilowatt-heures annuels est bien ; les vendre semble plus difficile.

La Palestine est-elle capable d'absorber toute cette énergie ? Evidemment non. D'ailleurs les concessionnaires qui ont à charge d'assurer les services publics et particuliers de force et de lumière ont commencé par la création de chutes sur le Jourdain ; et en cela ils furent sagement inspirés car le capital à investir dans ces aménagements ne devait être engagé que proportionnellement à la puissance nécessaire.

La chute de la Mer Morte, au contraire, ne peut pas être aménagée par étapes successives. Du jour où elle sera entreprise elle devra l'être pour la totalité de sa puissance. Le capital nécessaire sera considérable et exige pour être intéressé et amorti, que la recette soit élevée et, autant que possible immédiate.

Force était donc à MM. Simon et Mange de se préoccuper d'assurer l'utilisation d'une très importante partie des 500 millions de kilowatts-heures qu'il est possible de débiter.

Les concessions existantes forment un monopole de fait pour l'alimentation des services publics et privés. Il n'y a donc rien à attendre de ce côté.

Restent les utilisations pour l'extraction et la transformation des sels accumulés. Il y aurait là une consommation d'énergie importante. Mais cette opération industrielle est-elle assez

certaine, dans les résultats que donnera son exploitation, pour engager un capital aussi important ? Il est difficile de répondre à cette question.

MM. Simon et Mange, reprenant le programme d'utilisation signalé en 1903, ont l'intention, après avoir pris l'engagement de donner par priorité au Gouvernement Palestinien tout ce qui pourrait être indispensable au pays, après avoir promis de fournir aux industriels qui obtiendraient éventuellement la concession de l'exploitation des sels toute la puissance dont ils auraient besoin, d'exporter l'énergie excédente vers une région de forte consommation, capable d'en absorber d'énormes quantités. C'est vers le Canal de Suez et vers la Basse Egypte qu'ils comptent diriger l'électricité fournie par la chute. La distance n'est guère que de 400 kilomètres en moyenne. Le climat particulièrement sec de la région traversée permet l'adoption de voltages élevés. Les lignes, établies avec de grandes portées sur des pylones élevés, ne présenteront pas de difficultés spéciales dans leur établissement ou dans leur entretien. Le Canal de Suez, le Caire, Alexandrie, le delta du Nil sont capables, pour l'éclairage, pour la force motrice, pour l'irrigation et pour toutes les industries quelconques, de consommer toute l'énergie que produira la Mer Morte. Dans ces régions, il n'y a pas d'autre charbon que celui qui y est importé à grands frais. Le prix de vente de l'énergie deviendrait donc moindre que celui qui est actuellement pratiqué. De même que l'Angleterre exporte son charbon et en tire une partie de sa prospérité, de même la Palestine s'enrichirait en exportant l'énergie qui existe en puissance sur son territoire et qui, elle du moins, est inépuisable.

Nous voyons que la prospérité future de l'Etat Sioniste dépend de l'exploitation intelligente et prévoyante des sources de richesse qui existent dans cette contrée favorisée.

L'agriculture peut y atteindre un grand développement. Jadis, il est à peu près certainement démontré, le pays était couvert de vastes forêts qui occupaient la majeure partie du territoire. Que l'on attribue son aspect de désolation actuel à des déboisements inconsidérés ou à toute autre cause, il est possible de rétablir la fertilité ancienne. Les régions côtières peuvent

être arrosées par le pompage des eaux souterraines ; la vallée du Jourdain peut être irriguée facilement par ce fleuve. Tout cela nécessite une main-d'œuvre abondante, tenace et experte, mais le succès est certainement au bout.

L'accumulation de sels précieux pour l'industrie dans les eaux du lac Asphaltite constitue un stock immense dans lequel il semble facile de puiser pendant de longues années sans crainte de le tarir. Rien n'a été fait jusqu'ici dans ce sens et le stock reste entier et exploitable. Il semble même que sa mise en valeur, malgré l'importance de l'effort financier nécessaire, garantirait plus rapidement que l'exploitation agricole, forcément lente, des ressources importantes pour l'accomplissement du programme sioniste qui ne vit encore que de subsides.

D'autre part, la création de la chute de la Mer Morte est capable de procurer à la Palestine des ressources importantes, sans apporter le moindre préjudice aux facultés remarquables du Jourdain au double point de vue de l'irrigation et de la production d'énergie, sans avoir pour contrepartie le plus petit amoindrissement de la valeur agricole ou industrielle de la

contrée. Rendue possible par des conditions locales particulières et que l'on ne rencontre nulle part ailleurs, cette chute fournira une quantité d'énergie qui dépasse à coup sûr les besoins actuels de la consommation palestinienne. Mais l'excédent de cette énergie peut être exporté vers des centres de consommation capables de l'absorber. L'Egypte aurait un intérêt puissant à recevoir de l'étranger cette électricité que le Nil ne pourrait lui donner que si l'on aménageait, en amont de la région dont



La Mer Morte

il provoque la fertilité et à des distances singulièrement plus grandes que celle qui le sépare de la Mer Morte, des chutes puissantes.

Souhaitons que le projet de MM. Simon et Mange soit compris et adopté.

Il est intéressant de constater que la France, qui fut la pionnière dans l'étude industrielle et agricole de la Palestine, ait une fois de plus jeté la semence fécondante des interventions civilisatrices dans un pays que, à la suite de la Grande guerre, la Société des Nations n'a pas mise sous son protectorat ou son contrôle.