

COMMENTAIRES ET DISCUSSIONS  
COMMENTS AND DISCUSSIONS

## Remarques au sujet de la centrale hydro-solaire du lac Assal Autres possibilités d'utilisation de ce lac

### Remarks on the hydro-solar power station of the lake Assal Other possible utilizations of this lake

*Calcul du gain réel de surface d'évaporation. — Prévisions concernant le taux annuel d'évaporation. Moyens pour l'évaluer. — Immenses réserves de produits chimiques accumulées dans le lac Assal. Procédés envisagés pour leur mobilisation. — Possibilités de produire de l'énergie électrique en utilisant les courants de marée dans les étroits de Bab.*

*Calculation of the actual gain of evaporation area. — Forecasts of the annual rate of evaporation. Means of evaluating it. — Large reserves of chemical products accumulated in lake Assal. Possible means of mobilizing them. — Possibilities of producing electric energy by using the tidal currents in the Bab straits.*

C'est avec un vif intérêt que nous avons lu l'étude de M. L. VADOT sur les centrales hydro-solaires, parue dans le numéro de septembre-octobre derniers.

En ce qui concerne celle qui utiliserait le lac Assal, nous craignons que le gain de surface d'évaporation soit inférieur aux 120 km<sup>2</sup> envisagés. La dépression du lac Assal comprend :

|  |                        |
|--|------------------------|
| — Une partie en eau salée concentrée, à 25° Bé, située au niveau de — 150 m.....       | 46,60 km <sup>2</sup>  |
| -- Une partie en salines (à — 130 m) et en sel recouvert d'eau ou non (à — 135 m)..... | 70,64 km <sup>2</sup>  |
|  | 117,24 km <sup>2</sup> |

La surface totale délimitée par les méandres de la courbe de niveau — 100 m est de 154,04 km<sup>2</sup>. Elle ne serait pleinement engendrée que si l'eau montait jusqu'à la cote — 100 prévue pour l'implantation de la centrale; en fait, l'eau ne dépassera guère la cote — 110, pour laquelle nous pensons que la surface totale s'établira vers

150 km<sup>2</sup>. Le gain de surface d'évaporation sera donc de :

$$150 - 46,6 = 103,4 \text{ km}^2.$$

On suppose que la partie en salines et sel solide plus ou moins submergé, étant donné l'état de saturation saline dans lequel se trouve son élément liquide, ne doit pas participer à l'évaporation actuelle, ou seulement dans de faibles proportions paraissant négligeables (sauf constatation contraire faite sur place, auquel cas le gain de surface serait encore réduit d'autant).

La réduction du gain de surface entraînera une réduction corrélatrice de la puissance disponible et de la production annuelle.

Au sujet du taux d'évaporation, il faudrait qu'il dépasse sensiblement 3 m par an pour que la puissance installée et la production de magnésium envisagée atteignent à un niveau rentable.

Avant toute autre étude, si l'on se maintient dans l'hypothèse d'une centrale hydro-solaire, il est essentiel de réunir des éléments permettant d'évaluer la capacité d'évaporation qu'il est possible d'espérer rencontrer dans un semblable milieu.

BAUZIL, dans son *Traité d'irrigation*, parle de « 3 mètres et plus » en Haute-Egypte.

L'optimum évaporométrique calculé par la formule de THORNTHWAITTE pour Kayes au Sénégal

atteint presque 2,80 m. Le B.C.E.O.-M. annonce récemment les laux de 2 m à Port-Etienne et de 6 m à Fort-Gouraud. On peut rapprocher ces chiffres dans un tableau :

| Localité               | Latitude  | Température moyenne annuelle | Ecart des temp. mensuelles extrêmes | Somme des températures mensuelles > 0° | Pouvoir évaporant de l'atmosphère |
|------------------------|-----------|------------------------------|-------------------------------------|--|-----------------------------------|
| Kayes . . . . .        | 14° N.    | 29° 4                        | 10° 8                               | 352,8                                  | 2,795 m                           |
| Haute-Egypte . . . . . | 22° N.    | ?                            | ?                                   | ?                                      | 3 m et plus                       |
| Fort-Gouraud . . . . . | 22°40' N. | 32°                          | 15°                                 | ?                                      | 6 m                               |
| Lac Assal . . . . .    | 11°40' N. | 31°                          | 17° 2                               | 381,2                                  | ?                                 |

Mais, dans les trois premiers cas, il s'agit d'eau douce, alors qu'au lac Assal, l'eau a une densité d'environ 1,210 et renferme quelque 320 g de sels totaux par litre. Certains auteurs estiment que l'évaporation de l'eau de mer (à 3° 5 Bé, soit  $d = 1,025$ ) est de 4 à 4,3 % inférieure à celle de l'eau douce. Nous n'avons pas de données expérimentales sur le comportement de l'eau à 25° Bé. mais il est permis de prévoir un abattement de 25 à 30 % sur l'eau douce.

L'exhaussement du plan d'eau par le turbinage provoquera des phénomènes susceptibles d'agir dans des sens opposés :

- Augmentation de la surface de contact entre l'air et l'eau;
- Augmentation de la vitesse de l'air au ras de l'eau;
- Légère augmentation de la durée utile d'inso-lation;
- Variations de l'écart de tension de vapeur entre l'eau et l'air;
- Augmentation de l'épaisseur de la couche d'eau, et ralentissement de l'échauffement;
- Peut-être, diminution de la turbulence de l'atmosphère, la turbulence n'étant pas nécessairement en raison directe de la vitesse du vent en ligne droite;
- Diminution des infiltrations provenant du Ghoubet-el-Kharab.

Quant à la densité de l'eau du lac, elle diminuera au début jusqu'au moment où le plan d'eau atteindra, à — 135 m, la couche de sel solide et soluble, puis à — 130 m les salines; à ce moment, la densité du mélange remontera, vraisemblablement, jusque vers 25° Bé qui nous paraissent devoir être la densité d'équilibre, étant donné surtout que l'évaporation de l'eau de mer turbinée augmentera la charge saline, et cela, plus rapidement que ne le font actuellement les ap-

ports naturels; l'abaissement de la densité ne jouera donc que pendant une période relativement courte, et son incidence faible et momentanée n'incite pas à le faire entrer en ligne de compte.

L'étude sur place devrait comporter les mesures suivantes :

- Température de l'air, près de la surface de l'eau et, si possible, à une assez grande hauteur au-dessus de ladite surface;
- Températures de l'air au psychromètre, en vue de connaître la différentielle  $\theta$  pour l'appliquer dans la formule de M. COU-TAGNE;
- Degré hygrométrique de l'air : 1) à son entrée dans la dépression (vers l'oued Doubieh); — 2) près de la surface de l'eau vers le centre du lac; — 3) au centre de la partie solide submergée; — 4) à la sortie de la dépression (vers l'oued Gareytou) — ledit sens de circulation du vent étant celui de la mousson d'été;
- Pression atmosphérique vers la surface du lac;
- Vitesses du vent : 1) à l'oued Doubieh; — 2) au centre de la dépression, et 3) à la sortie, à l'oued Gareytou;
- Appréciation du degré de turbulence de l'atmosphère et de la nébulosité; (les mesures précédentes à effectuer avec toute la simultanéité pratiquement réalisable dans un tel milieu et sur de telles étendues);
- Température et densité de l'eau de mer dans le Ghoubet-el-Kharab au voisinage de la prise d'eau envisagée; prélèvement d'un échantillon;
- Température et densité de l'eau du lac, le plus près possible de son centre; prélèvement d'échantillons;

- Température et densité de l'élément liquide dans la zone des salines et dans celle des dépôts de sel plus ou moins recouverts d'eau; prélèvement, à diverses profondeurs, d'échantillons du liquide et des couches solides superposées;
- Mesure du débit des sources et des infiltrations alimentant actuellement le lac; prélèvement d'échantillons.

De l'ensemble de ces mesures, assorties de celles consignées dans les documents statistiques locaux, on pourrait vraisemblablement dégager des enseignements permettant de préjuger sans trop de risques du taux probable d'évaporation.

Mais il reste certain que, conformément en cela à l'opinion de l'éminent hydrologue qu'est M. A. COUTAGNE, il serait bien préférable de procéder sur place à des mesures évaporométriques directes pratiquées au moyen des appareils usuels (PICHE, BINDEMANN, etc.) ou avec des moyens de fortune, les uns ou les autres installés, soit à la surface même du lac, soit, à défaut, sur la zone solide le long du bord ouest du lac.

M. VADOT souligne très justement que l'énergie supplémentaire disponible pendant la période de remplissage de la dépression est de l'ordre de 1 milliard de kWh, justifiant un équipement provisoire.

Dans un ordre d'idées voisin, et puisque M. DEGOUTIN [1] a évalué à environ 2.200 millions de tonnes le sel NaCl accumulé depuis plus de 700 ans par l'évaporation des infiltrations d'eau de mer estimées voisines de 120 millions de m<sup>3</sup> annuels, quantité répartie entre 2 milliards de tonnes pour le sel à l'état solide et 200 millions de tonnes en solution dans le lac, ces évaluations paraissant acceptables, la quantité de chlorure et de sulfate de magnésium coexistante doit être d'environ 485 millions de tonnes, soit 120 millions de tonnes de magnésium métal. Si tout ou partie de ce stock gigantesque pouvait être récupéré, le facteur d'exploitation de l'usine chimique serait singulièrement amélioré. De même, le lac Assal doit être un immense réservoir de potasse (58 millions de tonnes de KCl), de brome (1.500.000 tonnes de Br) et de rubidium (1 million de tonnes de Rb).

Le fait que ce stock se trouve au fond d'une dépression profonde de 150 m semble en rendre la mobilisation impossible; cependant, un examen sur place montrerait s'il serait ou non possible d'installer dans la basse vallée de l'oued Gareytou une série de bassins pour la précipitation par la chaux et la décantation de l'hydrate de magnésium, bassins établis en cascade à des niveaux s'étageant depuis — 140 m (au plus près du lac) jusqu'à — 100 m en s'éloignant de plus en plus du lac, les bassins inférieurs étant noyés

et abandonnés au fur et à mesure de l'exhaussement du plan d'eau.

Si la production de 1 kg de magnésium exige, dans ces parages, 480 à 500 litres d'eau de mer, elle n'exigerait plus que 51 à 52 litres d'eau du lac Assal. Ainsi, l'énergie de pompage de l'eau à traiter ne serait pas excessive, non plus que celle acheminant la magnésie (en pâte, ou essorée et séchée) vers l'usine de chloruration et d'électrolyse qui serait implantée sur le versant marin, ou bien vers un relais; il est permis d'envisager un blondin pour lequel la descente de la chaux ferait contrepoids partiel à la remontée de la magnésie, dans la partie du trajet comprise entre le « Bonnet Turc » et le lac.

Il faudrait évidemment faire l'inventaire des ressources accessibles en calcaire pouvant alimenter des fours à chaux, et produire la chaux nécessaire à la précipitation de la magnésie; et aussi se préoccuper de l'approvisionnement desdits fours en combustible approprié. Mais ce problème se poserait aussi en partant de l'eau de mer.

On sait aussi que le groupe norvégien-hollandais Norsk-Hydro et M.E.K.O.G., utilisant le procédé de J. KIELLAND et W. FLEISCHER à la dipicrylamine, se prépare à produire incessamment le nitrate de potasse comme engrais, au départ de l'eau de mer renfermant de 0,01 à 1,42 de KCl par litre, et si l'on observe que l'eau du lac Assal en renferme environ 12,5 ‰, on peut se demander si cette haute teneur en KCl ne compenserait pas les difficultés d'approvisionnement de la Somalie Française en acide nitrique qui est nécessaire au procédé précité pour régénérer la dipicrylamine et former NO<sup>3</sup>K, acide que les Norvégiens produisent à un prix fort bas avec leurs énormes chutes d'eau et leur énergie à bon marché. Il y a là matière à une étude et à un bilan.

En sorte que, dans le cas où un taux d'évaporation reconnu trop faible et s'appliquant par surcroît à une surface réduite, ne laisserait espérer qu'une production énergétique d'un module devenant non rentable passé le stade du remplissage de la dépression, il serait sans doute expédient de laisser le lac Assal en l'état et d'en exploiter les réserves; par exemple, d'extraire la magnésie comme il est dit ci-dessus et de l'exporter vers des usines européennes ou coloniales disposant d'une énergie suffisante et peu onéreuse.

Cette solution présenterait également l'avantage psychologique de ne pas noyer les pistes séculaires des caravanes éthiopiennes circulant dans les salines et venant s'approvisionner en sel dans les dépôts solides.

On pourrait alors chercher de l'énergie hydraulique en reconsidérant le projet GANDILLON [2], qui consistait à utiliser le flot de marée

à travers les étroits sis à l'entrée du Ghoubet-el-Kharab; ce dernier, dont la superficie approche de 200 km<sup>2</sup>, comporte, à son déboucher dans le golfe de Tadjourah, deux passes séparées par l'îlot rocheux de Bab. Le chenal du nord, large d'environ 180 m, est profond d'environ 40 m; celui du sud, large de 490 m, n'a qu'une profondeur inférieure à 5 m. L'amplitude des marées dans le golfe de Tadjourah n'est que de 3 m, mais donne lieu à de très violents courants, d'une vitesse horaire de 7 nœuds, soit 3,60 m/s, dans ces passes étroites. Le projet Gandillon prévoyait l'installation de turbo-alternateurs sur un chaland ancré dans la passe nord.

L'Américain G. A. WHETSTONE [3] déclare qu'en assignant un rendement de 5 à 10 % seulement à ces « crude means of power conversion », on disposerait de 10.000 HP. On peut espérer faire mieux et obtenir un meilleur rendement. WHETSTONE envisage aussi l'installation d'une usine sur une digue barrant la passe sud peu profonde, « ce qui augmentera, — dit-

il, — la vitesse dans la passe nord et permettra de doubler la puissance ». Une étude sérieuse, émanant des spécialistes des centrales marémotrices, chiffrant les possibilités maxima à espérer de l'équipement de ces étroits, et leur coût, déciderait de la politique à adopter, et de la vocation du lac Assal.

15 janvier 1955.

L. LE GRAIN.

Ingénieur-Conseil.

#### BIBLIOGRAPHIE

[1] DEGOUTIN. — « Description d'un gisement de sel en formation », *Annales des Mines*, 12<sup>e</sup> Série, Mémoires, t. II, 1922.

[2] P. GANDILLON. — « La Houille d'Or ». Aménagement et mise en valeur de la Côte Française des Somalis. *Exposition Coloniale Internationale de Paris*, 1931.

[3] G. A. WHETSTONE. — « La Houille d'Or », *Water Power*, July 1954.

