

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 20 (1929)
Heft: 18

Artikel: L'état actuel de l'Electrification en Egypte et ses perspectives d'avenir
Autor: Rutgers, F.J.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1060776>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.05.2025

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

SCHWEIZ. ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

BULLETIN

ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

Generalsekretariat des
Schweiz. Elektrotechnischen Vereins und des
Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke

REDAKTION
Zürich 8, Seefeldstr. 301

Secrétariat général de
l'Association Suisse des Electriciens et de
l'Union de Centrales Suisses d'électricité

Verlag und Administration

Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei A.-G.
Zürich 4, Stauffacherquai 36/38

Editeur et Administration

Nachdruck von Text oder Figuren ist nur mit Zustimmung der
Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet

Reproduction interdite sans l'assentiment de la rédaction et
sans indication des sources

XX. Jahrgang
XX^e Année

Bulletin No. 18

September II 1929
Septembre II

L'état actuel de l'Electrification en Egypte et ses perspectives d'avenir.

Conférence faite à l'assemblée générale de l'Association Suisse des Electriciens, à St-Moritz,
le 7 juillet 1929, par Mr. F. J. Rutgers, ingénieur, professeur à l'Ecole Polytechnique Royale
de Gizeh, près du Caire (Egypte).

Le conférencier donne d'abord un aperçu des traits caractéristiques de l'Egypte, pays très différent du nôtre et où l'électrification se présente aussi sous un aspect tout spécial. C'est ce que met en lumière une deuxième partie du présent exposé, où les installations électriques existantes sont passées rapidement en revue. Dans une troisième partie, l'auteur examine de plus près les possibilités de développement dictées par les conditions locales et décrit dans ses grandes lignes l'électrification future de l'Egypte, en s'arrêtant en particulier à la grande usine thermique projetée dans le Delta du Nil et à la puissante centrale hydro-électrique au barrage d'Assouan, mentionnant en passant le projet grandiose de Quattara, qui prévoit la création d'un lac artificiel avec centrale hydraulique de 200 000 kW, situé au-dessous du niveau de la mer et alimenté par l'eau de la Méditerranée à raison de 500 m³/s sous une chute de 42 m.

Der Referent gibt zunächst eine kurze Beschreibung Aegyptens, dieses fesselnden, eigenartigen Landes, wo die Elektrifizierung ganz andere Probleme als bei uns in der Schweiz stellt. Er beschreibt in einem zweiten Teil die heute bestehenden elektrischen Anlagen, insbesondere das hydraulische Kraftwerk von Fayoum, und untersucht ferner die Möglichkeiten des künftigen Energieabsatzes für Licht- und Kraftzwecke, sowie für die Bewässerungsanlagen und die Herstellung des Kunstdüngers. Er wirft im dritten Teil einen Blick in die Zukunft und bespricht vor allem einzelne projektierte Grossanlagen: im Delta (thermisches Kraftwerk), bei der Nilstauung in Assouan (hydraulische Anlage) und eine riesige Wasserkraftanlage von 200 000 kW in der Wüstendepression von Quattara, die durch das Wasser des 60 km entfernten Mittelmeeres, mit einer Wassermenge von 500 m³/s unter 42 m Gefälle gespiesen werden soll.

Pour qui vient de Suisse, cette forteresse de l'électrotechnique, où plus de 98 % de toutes les communes, y compris les plus petits villages, sont pourvues de lumière et de force électrique et où, dans le canton de Zurich par exemple, plus de 95 % de toutes les maisons, jusqu'aux fermes les plus modestes, sont branchées sur les réseaux électriques, l'Egypte présente des conditions fort différentes. Alors qu'en Suisse une grande industrie, extrêmement développée, occupe à la fabrication de machines électriques des milliers et des milliers d'ouvriers spécialisés, l'Egypte a un caractère presque exclusivement agricole.

C'est pourquoi, avant de parler de l'électrification proprement dite de l'Egypte, je vais essayer de vous donner brièvement une image des traits caractéristiques de ce pays si remarquable, pour autant que j'ai appris à le connaître pendant mon activité là-bas et au cours de nombreux voyages dans toutes les régions du pays.

1^{re} partie. Les traits caractéristiques du pays.

Au point de vue géographique déjà, l'Égypte n'est pas banale; sur un territoire de 1 million de kilomètres carrés, 32 000 km² seulement, c.à.d. 3 %, sont habitables. Ce pays est donc 25 fois plus vaste que la Suisse, mais la partie habitable n'embrasse que les $\frac{3}{4}$ de la superficie de la Suisse. En revanche, dans la partie habitée, la population est plus dense que dans n'importe quel pays parmi les plus industriels d'Europe; c'est ainsi qu'on y compte 450 habitants par km², tandis que l'Allemagne en a 130. En Égypte on ne rencontre pour ainsi dire aucune industrie; cette population si extraordinairement dense est presque uniquement agricole. Dans le reste du pays, où l'irrigation fait défaut, on ne compte qu'un habitant sur 141 km². C'est comme si le canton de Zurich, au lieu de 540 000 habitants, n'en avait en tout que 120.



Fig. 1.
Vue du Nil à Assouan.

Deux grandes villes, Alexandrie et Le Caire, cette dernière avec plus d'un million d'habitants, 43 villes de moindre importance mais de plus de 10 000 habitants chacune, environ 3600 villages, constituent les centres d'habitation et d'affaires du pays. Il ne pleut que rarement et en quantité négligeable. Au Caire on observe 4 à 6 jours de pluie par année avec une précipitation totale de 32 mm (1200 mm dans la région de Zurich). Le seul dispensateur d'eau, duquel dépend la vie et la prospérité du pays tout entier, c'est le Nil.

L'Égypte habitable comprend deux parties: le Delta, région triangulaire dont la base s'étend entre Alexandrie et Port-Saïd, le long de la mer, la pointe sud étant située au Caire; puis la Vallée du Nil proprement dite, un ruban très étroit, de 6 km de largeur par places, 25 km en certains endroits et seulement de quelques centaines de mètres à d'autres, mais d'une longueur approximative de 800 km. Qu'on

se représente une étroite bande verte allant de Zurich à Londres, bordée de chaque côté par un désert sans eau, constamment en lutte contre le sable et la sécheresse.

Le Nil lui-même a 6500 km de longueur; après le Mississippi qui en a 6600, c'est le plus long fleuve de la terre. Il est 5fois plus long que le Rhin du Gothard à la Mer du Nord. Sa largeur varie de 500 à 900 mètres, son débit entre 700 et 8000 m³ par seconde. Le niveau du fleuve est maximum en septembre, où il atteint 7 m de plus qu'à la période d'étiage, en avril, mai et juin.

De puissants barrages, au Caire, à Assiout, Naga-Hamadi (en construction), Keneh et Assouan servent à régulariser le débit; d'autres encore existent en amont, dans le Soudan, p. ex. à Macwardam. Le but principal de ces ouvrages est de retenir aussi longtemps que possible en réserve l'eau des crues pour les mois de sécheresse. L'eau est mise à profit pour l'irrigation du pays au moyen d'un système gigantesque de canaux artificiels, dont quelques-uns ont 500 km de longueur et même davantage.

Il est difficile de se faire une idée de l'art que l'ingénieur doit mettre en oeuvre pour élaborer un plan d'irrigation étendu à toute l'année, sur un territoire immense, et pour réaliser régulièrement cette distribution d'eau à l'aide de moyens techniques appropriés. Pour cela, un nombre extraordinaire de canaux de toute grandeur



Fig. 2.

Ecole Polytechnique Royale de Gizeh, près du Caire.



Fig. 3.

La Vallée des Rois, Louqsor.

sont indispensables, munis des vannes et dispositifs nécessaires à la mesure du débit. Chaque parcelle de terrain cultivable le long de ce cours d'eau ramifié, long de 1000 km rien que sur le territoire égyptien, reçoit en chaque instant la quantité d'eau strictement nécessaire aux plantations. Toute interruption, même passagère, de l'afflux liquide a pour conséquence la destruction des cultures, brûlées en peu de temps par l'ardeur du soleil africain. La température de l'air atteint momentanément 43 à 45° centigrades à l'ombre. Mais il faut dire que cette chaleur torride est plus facilement supportable qu'une température de 35 à 36° dans notre climat humide, grâce à la grande sécheresse de l'air.

De tous temps l'art des constructions hydrauliques, l'arpentage, la mesure du temps, l'astronomie et d'autres sciences — sans parler de l'art architectural grandiose des anciens Egyptiens — furent extrêmement développés dans ce pays. L'Egypte actuelle présente aussi des ouvrages de génie civil remarquables. C'est ainsi que le barrage d'Assouan, avec une hauteur de retenue de 24 mètres, a plusieurs kilomètres de longueur; à l'heure qu'il est, on est en train de le surélever de 9 mètres. Le barrage primitif a coûté 45 millions de francs suisses en 1898; son agrandissement reviendra à 600 millions de francs suisses environ. Les intérêts et l'amortissement sont couverts par les redevances que les propriétaires fonciers paient pour l'irrigation de leurs terres.

Chose curieuse, les procédés de culture sont loin de s'être développés dans la même mesure que les travaux des ingénieurs. Quand on regarde les ouvriers agricoles vaquer assidûment à leur besogne, travaillant ou irriguant la terre au moyen d'instruments primitifs, avec le secours de buffles, d'ânes et de chameaux, en s'aidant de dispositifs antédiluviens pour puiser l'eau, soit à la main, soit par la traction animale, on a l'impression d'être reporté aux temps les plus reculés.

En voyant comment ces gens élèvent l'eau, souvent à plusieurs étages de hauteur, durant d'interminables journées de travail manuel, au moyen de leviers avec seaux et contrepoids, on comprend qu'ici en particulier un vaste champ d'application s'ouvre à l'électricité.

L'industrie est presque inexistante; elle se confine aux moulins à céréales, aux carrières, aux fabriques de ciment, à la production du sucre de canne, au tissage, aux arts appliqués. On exporte principalement le coton brut et les graines de coton; on importe entre autres du froment et de la farine de maïs, du charbon, du sucre, du pétrole, des bois de construction, du ciment, des engrais artificiels et des cotonnades. Dans le Delta de nombreux chemins de fer entretiennent le trafic et se prolongent par une ligne allant du Caire à Assouan. La longueur totale du réseau ferroviaire est d'environ 2600 km.

Avant de passer à la description des installations électriques, je vais faire défiler devant vos yeux une série de diapositifs, qui vous aideront à évoquer une image approchée de ce pays original¹⁾. Comme il s'agit de simples pho-

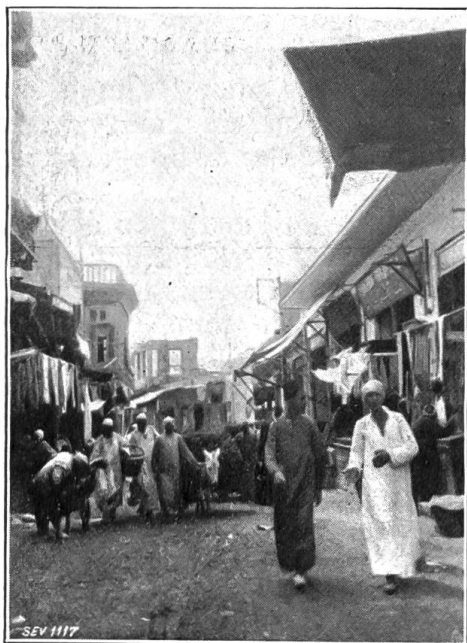


Fig. 4.
Le marché à Benha.

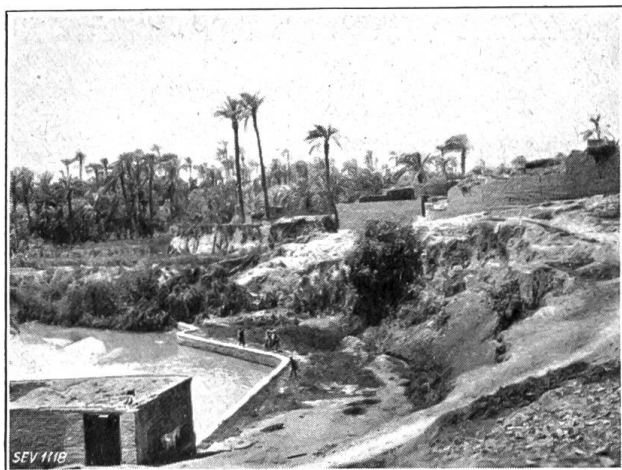


Fig. 5.
Dépression de Fayoum.

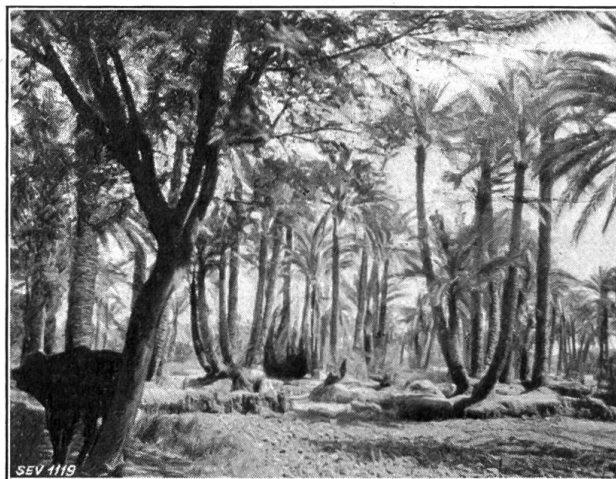


Fig. 6.
Palmeraie à Fayoum.

tos d'amateur, on voudra bien m'excuser si quelques-unes d'entre elles manquent un peu de netteté. Je tiens à ajouter encore, d'une façon générale, que l'Egypte est riche en paysages de toute beauté. La Vallée du Nil comme le désert offrent au

¹⁾ Nous avons été contraints, pour illustrer ce compte-rendu, de faire un choix forcément très limité dans l'intéressante série de clichés présentés par le conférencier sous forme de projections lumineuses.

regard des spectacles incomparables. Lors d'une traversée du désert de la Vallée du Nil à la Mer Rouge, dans notre petite auto spéciale, nous avons vu défiler des images merveilleuses. Là, le désert est montagneux, avec des éminences de plus de 1000 mètres. La région est vierge de tout chemin, l'auto se fraie une voie en tanguant comme une barque par gros temps, sur un terrain fort raboteux, à travers des gorges rocheuses, étroites et profondes, semblables à des cañons, ou sur des surfaces de sable, molles et perfides. Pendant des journées entières on n'aperçoit dans le désert aucun être vivant. Les nuits par le clair de lune, au bord du Nil, dans le désert ou dans les forêts de palmiers, sont d'une beauté indicible. Le climat est délicieux en hiver. La juxtaposition d'une ancienne culture orientale et de la vie européenne moderne donne lieu à des contrastes impressionnants, et la vie aux couleurs éclatantes qui palpite dans les villes a beaucoup de charme (fig. 1 à 6).

2^e partie. Installations électriques existantes.

Après avoir essayé, dans la première partie, de décrire brièvement les traits caractéristiques du pays et de les illustrer par un certain nombre de projections lumineuses, j'aimerais donner quelques précisions sur l'état actuel de l'électrification en Egypte.

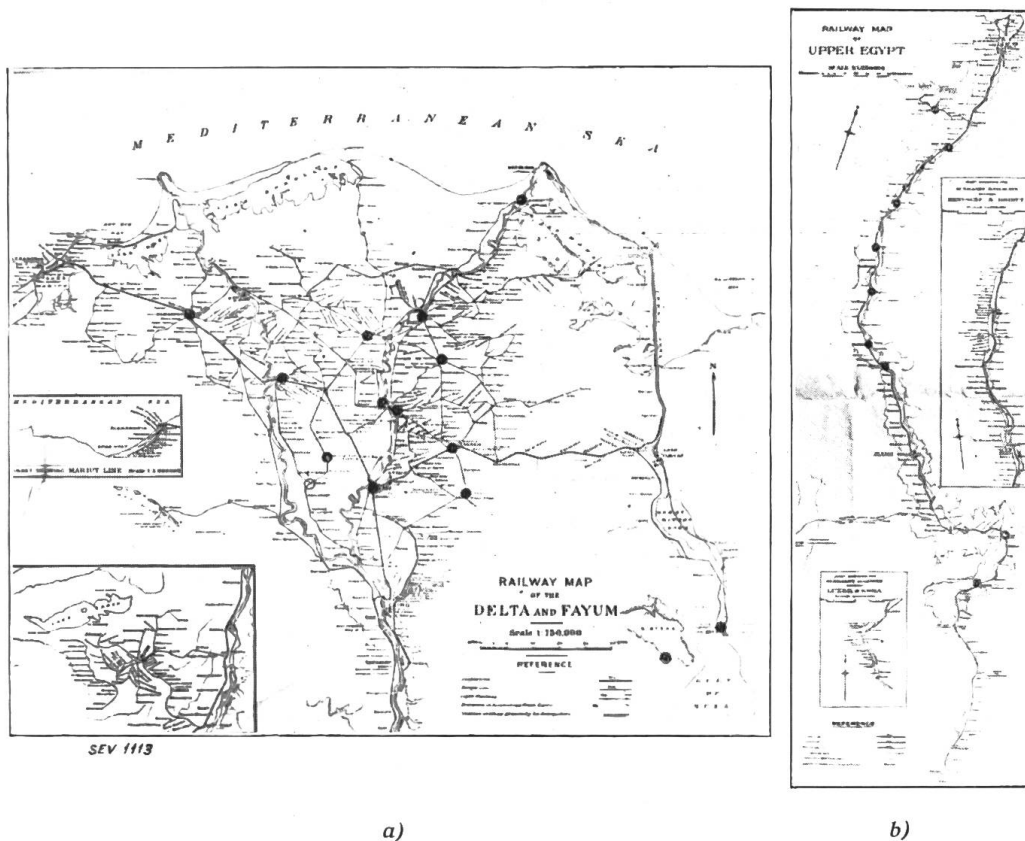


Fig. 7.
Distribution des usines électriques sur le territoire égyptien :
a) Delta et dépression de Fayoum. b) Haute-Egypte. (Vallée du Nil.)

Jusqu'à présent l'électrification a été étudiée et dirigée de quatre centres différents. Tout d'abord une partie des usines électriques sont dues à l'initiative privée. Nommons ici en première ligne la maison Lebon & Cie de Paris, qui a construit des centrales au Caire, à Alexandrie, à Port-Saïd et à Tanta, pour l'alimentation de ces villes, et qui les exploite elle-même encore à l'heure qu'il est, sauf celle de Tanta. D'autres centrales privées ont été édifiées par la Compagnie du Canal de Suez à Port-Saïd, par la Cie des Tramways d'Alexandrie et du Caire, la Société

du chemin de fer d'Héliopolis et la Société de la colonie de villas à Meadi. La grande sucrerie de Comombo possède aussi sa propre usine électrique. Les données caractéristiques de toutes ces installations sont rassemblées dans le tableau récapitulatif de la page 604. Une grande partie de ces usines sont équipées avec des turbines à vapeur, dont un bon nombre d'origine suisse. Quelques-unes possèdent des moteurs Diesel.

En second lieu, un grand nombre de petites usines électriques, toutes munies de moteurs Diesel, ont été et continuent encore à être construites par le Ministère des Entreprises Municipales, auparavant une sous-division du Ministère de l'Intérieur, mais qui a fusionné dernièrement avec le Ministère des Travaux publics. Cette électrification avance rapidement; l'année dernière 5 villes furent électrifiées. L'énergie

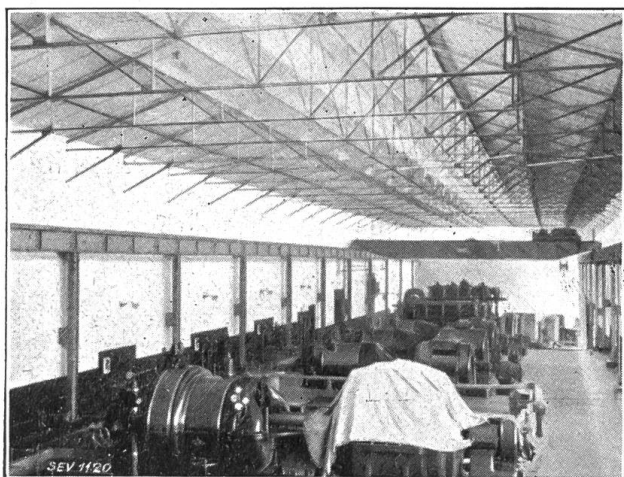


Fig. 8.

Centrale thermo-électrique de la Cie. Lebon, au Caire.

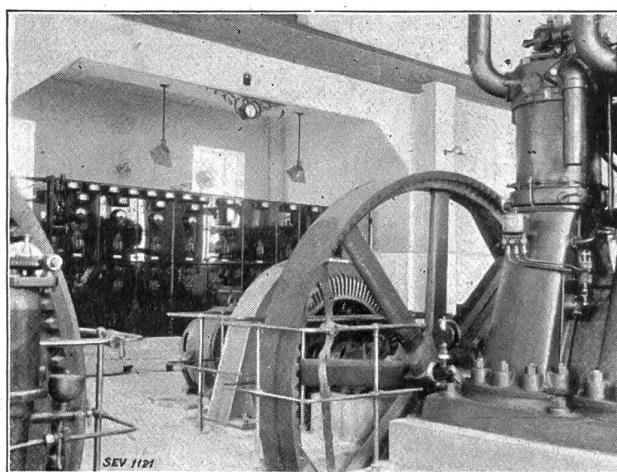


Fig. 9.

Centrale avec groupe Diesel à Meadi, près du Caire.

électrique fournit la lumière, un peu de force motrice et sert à l'exploitation des distributions d'eau potable. Les installations anciennes étaient toutes prévues pour courant continu de 470 volts aux bornes des génératrices et 2 fois 220 V avec distribution à 3 fils. Les usines modernes sont aménagées pour le courant triphasé, 50 périodes, à 3000 volts, ou à 6000 V dans les grandes villes.

Le troisième intéressé à la construction d'installations électriques est le Ministère des Communications, qui s'occupe notamment des questions relatives à l'électrification des chemins de fer.

En quatrième lieu enfin, le Ministère des Travaux publics projette des installations appelées à servir plus tard, en relation avec un système étendu de lignes de transport, à l'alimentation en grand du pays tout entier, sur une base uniforme et économique.

De grandes centrales dans le Delta, destinées avant tout à l'irrigation et à l'assèchement des terres cultivables, sont déjà en construction et vont être reliées entre elles par une ligne à 66000 V. En Haute-Egypte aussi une grande centrale à vapeur équipée avec des turbines suisses est en construction, en même temps qu'une ligne de transport à haute tension allant d'Assouan à Isna, dont la longueur sera pour le moment de 130 km. Ces installations sont aussi destinées à l'irrigation.

Le même Ministère examine un grand nombre de projets et de plans pour des centrales de grande puissance, soit des usines hydrauliques à Assouan et dans la dépression de Quattara, soit une centrale thermique au milieu du Delta, éventuellement en relation avec des installations hydrauliques.

Il existe aussi des groupes privés d'intéressés qui sollicitent des concessions pour de grandes centrales de ce genre, destinées à électrifier l'Egypte tout entière. Mais avant de considérer plus en détail ces perspectives d'avenir, j'aimerais montrer

quelques vues de centrales électriques existantes, en renvoyant tout d'abord au tableau déjà mentionné de la page 604, qui contient une statistique des installations actuelles que j'ai dressée provisoirement et qui présente de ce fait encore certaines lacunes, ce dont mes auditeurs voudront bien m'excuser. La carte de la page 601 (fig. 7, *a* et *b*) montre la situation géographique de ces usines. J'ai pu visiter moi-même une grande partie des installations en question et prendre les photos destinées à illustrer cette conférence (fig. 8 à 11). Cette statistique

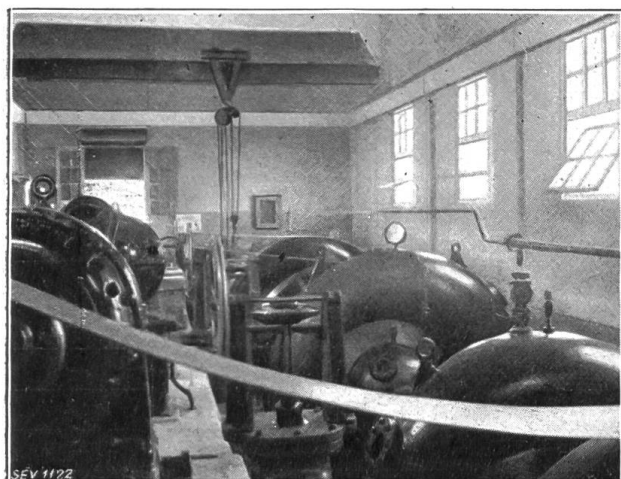


Fig. 10.

Station de pompage pour l'irrigation, près de Choubra.

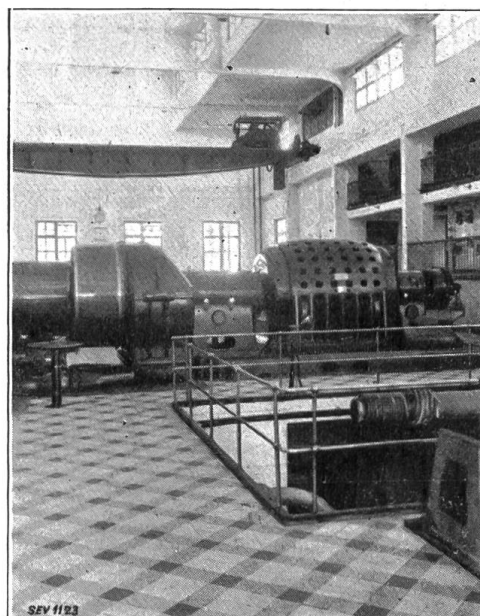


Fig. 11.

Centrale avec turbine à vapeur de la Cie. Héliopolis, à Choubra.

montre qu'à l'heure factuelle il existe une quarantaine de centrales électriques en Egypte, avec une puissance totale installée d'environ 77000 kW, produisant annuellement à peu près 80 millions de kWh. Bien que la puissance des usines prises individuellement soit modeste, il est cependant remarquable que dans un pays purement agricole, avec deux grandes villes et 43 agglomérations urbaines dépassant 10000 habitants, plus de 30 localités soient déjà pourvues de lumière et de force électriques.

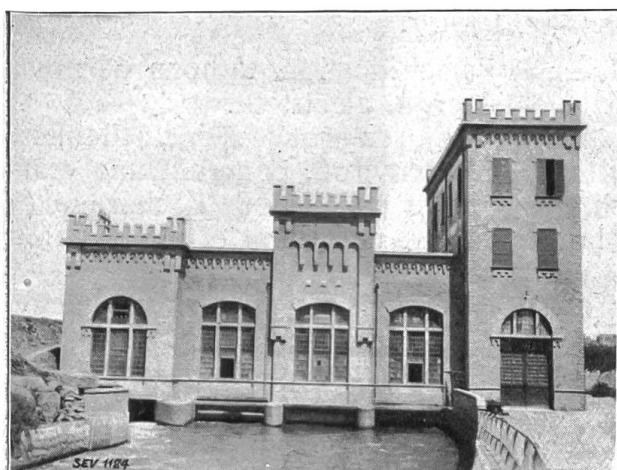
Je tiens ici à remercier très cordialement les autorités et les maisons qui m'ont aimablement autorisé à visiter leurs installations et qui m'ont fourni des indications précieuses à leur sujet.

Tandis que la plupart des installations existantes sont des centrales thermiques, l'usine électrique de Fayoum seule est une centrale hydraulique, qui mérite par là une attention spéciale. La province de Fayoum est une dépression dans le désert, où l'eau du Nil est amenée par un long canal permettant de l'irriguer. C'est ainsi qu'une oasis des plus fertile a pris naissance en plein désert, avec des champs de verdure, de splendides bois de palmiers et des jardins d'orangers (fig. 5 et 6). Comme le canal d'amenée présente une inclinaison assez prononcée, on a pu concentrer en un endroit donné une chute d'environ 8 m et l'utiliser comme source d'énergie hydraulique dans une centrale, modeste il est vrai, de 540 kW pour le moment (fig. 12, *a* et *b*). Une particularité de cette installation hydraulique, c'est que l'eau utilisée dans les turbines sert ensuite à l'irrigation (fig. 13, *a* et *b*). Le trop-plein est collecté comme eau de drainage dans le lac de Keroun, qui n'a pas d'écoulement et dont l'évaporation naturelle seule empêche le niveau de monter.

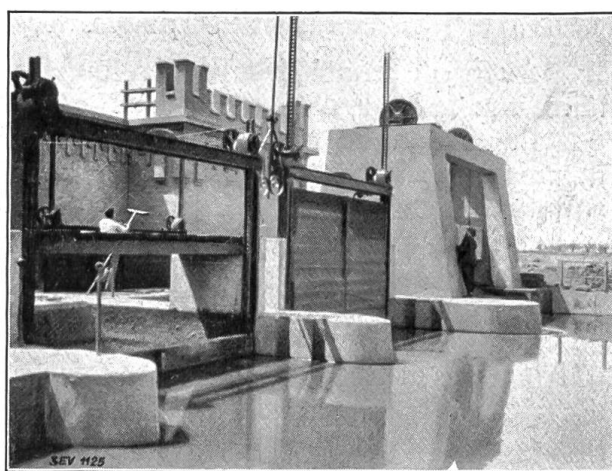
Statistique provisoire des centrales d'électricité en Egypte.

Centrale	installée par	Courant des géné- ratrices	Tension des géné- r.	Tension de distri- bution	Puiss. de l'usine kW	Genre de machines installées kW	Energie prod. pend. l'année 1928 kWh
Alexandrie	Lebon & Cie.	~ 40 Δ 40	2 000 2-5 000	~ 2×100 Δ 190	17 900	turbines à vapeur: 600, 1600, 2500, 4100, 4100, 5000	20 000 000
Alexandrie	Tramways	=	550	550	env. 5000	—	env. 10 000 000
Assiout	Municip.	~ 50	3 000	2×110	420	Diesel: 180, 140, 140, 60	57 400
Atf. (en constr.)	Trav. publ.	Δ 50	3 000	30 000	3 500	Diesel: 850, 850, 850, 850	—
Benha	Municip.	= 3 fils	470	2×220	290	Diesel: 150, 70, 70	230 700
Beni-Mazar	Municip.	= 3 fils	470	2×220	60	Diesel: 30, 30	86 900
Beni-Souef	Municip.	= 3 fils	470	2×220	490	Diesel: 70, 70, 180, 170	599 700
Belgas (en constr.)	Trav. publ.	Δ 25	6 000	55 000	2 250	Diesel: 750, 750, 750	—
Bilbeis	Municip.	= 3 fils	470	2×220	120	Diesel: 70, 50	87 600
Chebin el Kom	Municip.	= 3 fils	470	2×220	290	Diesel: 70, 70, 150	188 000
Damanhour	Municip.	Δ 50	3 000	200	270	Diesel: 70, 100, 100	330 000
Damiette	Municip.	Δ 50	3 000	200	270	Diesel: 70, 100, 100	294 000
Fashu el Beba	Municip.	Δ 50	3 000	200	270	Diesel: 70, 100, 100	—
Fayoum (hydr.)	Municip.	Δ 50	3 000	200	540	turbines hydrauliques: 270, 270	800 000
Héliopolis (Choubra)	The Cairo El. Railway Heliopolis Oasis Co.	Δ 50	10 000	200/115	6 300	turbines à vap.: 1800, 1800, 2700	6 000 000
Isna (en constr.)	Trav. publ.	Δ 50	—	—	5 000	turbines à vapeur	—
Kafr el Zayet	Municip.	= 3 fils	470	2×220	200	Diesel: 100, 50, 50	173 000
Keneh	Municip.	Δ 50	3 000	200	—	—	—
Komombo	Sucrerie (S. A.)	=	220	220	950	Diesel: 176, 176, 176, 176, 176, 45	—
Le Caire	Lebon & Cie.	~ 42 Δ 42	2 000 10 000	100 200	18 565	Diesel: 500, 1000; turb. à vap.: 3300, 4100, 4100, 4700	17 900 000
Le Caire	Sté. an. des Tramways du Caire	=	550	550	6 700	turb. à vap. 1500, 1500, 2200	18 000 000
Louqsor	Municip.	Δ 50	3 000	200	—	—	—
Maghagha	Municip.	Δ 50	6 000	200	—	—	—
Mansourah	Municip.	= Δ 50	470 3 000	2×220 200	530 125	Diesel: 190, 190, 170 Diesel: 100, 25	1 011 000
Meadî	Oasis Co.	Δ 50	3 200	—	550	Diesel: 250, 100, 100, 100	—
Mellawi	Municip.	Δ 50	3 000	200	320	Diesel: 160, 80, 80	318 200
Mehalla el Kobra	Municip.	Δ 50	3 000	200	400	Diesel: 200, 100, 100	104 500
Minia el Kamh	Municip.	= 3 fils	470	2×220	80	Diesel: 40, 40	77 700
Minieh	Municip.	Δ 50	3 000	200	400	Diesel: 200, 100, 100	390 000
Port-Saïd	Lebon & Cie.	Δ 40	2 000	220/110	1 400	Diesel: 500, 250, 250, 250, 150	—
Port-Saïd	Cie. du Canal de Suez	Δ 50	5 000	190	2 000	turb. à vap.: 500, 500, 500, 500	—
Simbellawein	Municip.	Δ 50	3 000	200	—	—	—
Zifta & Ghamz	Municip.	Δ 50	3 000	200	420	Diesel: 180, 120, 120	314 500
Suez	Municip.	Δ 50	3 000	220 200	730	Diesel: 50, 50, 100, 100, 280, 250	1 383 000
Tanta	Lebon & Cie. (Municip.)	—	—	—	—	—	—
Zagazig	Municip.	Δ 50	3 000	~ 2×110	600	Diesel: 160, 80, 80, 280	465 000

Total au 31 décembre 1928: env. 76 940 kW.env. 78 811 200 kWh.



a)



b)

Fig. 12.
Centrale hydro-électrique de Fayoum.
a) L'usine, côté aval. b) L'écluse, côté amont.



a)



b)

Fig. 13.
Réservoirs d'eau potable à Fayoum.

On étudie en ce moment l'aménagement d'une grande centrale d'environ 200000 kW, qui serait actionnée par l'eau de mer, conduite dans une autre dépression profonde du désert où elle s'évaporerait naturellement, sans qu'une issue soit nécessaire. Nous reviendrons plus loin sur ce projet.

Pour clore cette série, je vous montre quelques photos de bassins de retenue en voie de construction ou d'agrandissement, échelonnés le long du Nil (fig. 14 à 16), et quelques courbes extraites d'un rapport mis à ma disposition par M. Abdel Aziz, sous-directeur général au Ministère égyptien des travaux publics, relatives à l'utilisation de la puissance hydraulique du barrage d'Assouan, dans son aménagement définitif futur. Ces courbes représentent le *débit* du réservoir, réglé suivant les besoins de l'irrigation, qui actionne les turbines sous une *chute* variant entre 34 m en février et 3 à 4 m pendant la crue annuelle des mois d'août, septembre et octobre; la troisième courbe enfin, indiquant la *puissance* disponible, a été déduite des deux premières par le calcul et en supposant pour simplifier que le rendement de la transformation d'énergie hydraulique en énergie électrique est de 100 % (fig. 17). Ces renseignements, qui se rapportent à une centrale projetée et non à une exploitation existante, empiètent en quelque sorte sur le chapitre suivant, auquel je vais consacrer la dernière partie de ma conférence.

3^e partie. Développement futur.

Avant de considérer le développement futur de l'électrification, tâchons de nous faire une idée des débouchés qu'offre l'Egypte à l'énergie électrique.

La statistique provisoire que je viens de vous montrer prouve qu'actuellement la puissance des machines installées est de 77000 kW environ, couvrant une consommation annuelle de 80 millions de kWh, en grande partie pour l'éclairage et la force motrice des villes, ainsi que pour la traction des tramways et des chemins de fer régionaux.

En dehors des entreprises municipales et des trams, l'énergie électrique entre en ligne de compte pour la traction des chemins de fer, pour actionner les pompes d'irrigation et de drainage, les moulins à céréales, quelque peu dans l'industrie, ainsi que pour la fabrication des engrais artificiels. Les besoins d'énergie abondent naturellement partout puisque, en Egypte, sans compter les usines municipales, il n'y a pas moins de 20000 moteurs Diesel installés, représentant une puissance d'environ 700000 CV. Cependant, seule une partie de ces consommateurs pourront être pris en considération pour l'électrification à brève échéance. Si l'on admet qu'un dixième environ de cette puissance installée puisse être électrifiée en temps utile, il faudrait environ 50000 kW, couvrant une consommation annuelle de 100 millions de kWh à peu près, pour l'industrie et les petites installations. On peut évaluer la consommation des centrales municipales ces années prochaines à environ 50 millions de kWh, avec une puissance installée de 30000 kW. Les trams et les chemins de fer secondaires sont susceptibles d'absorber 30 millions de kWh sous une puissance de 15000 kW. Les installations d'irrigation et de pompage, dont l'électrification n'est réalisable que petit à petit, peuvent également être prévues pour une consommation prochaine de 30 millions de kWh, sous une puissance de 15000 kW. L'électrification des chemins de fer exigerait env. 25000 kW et 90 millions de kWh par an. La puissance annuelle de transport des chemins de fer égyptiens s'élève en effet à 4 milliards de tonnes-kilomètres environ; comme il n'y a pas de rampes, 80 à 90 millions de kWh devraient suffire. En Suisse on compte 32 Wh par tkm, 20–25 Wh/tkm seront donc suffisants en Egypte.

L'Egypte importait de grandes quantités d'engrais azotés (env. 190000 tonnes en 1928), pour une valeur dépassant 38 millions de francs suisses annuellement, l'utilisation des forces hydrauliques du Nil s'impose pour la fabrication de l'azote. Il serait facile de consommer dans ce but 300 millions de kWh par année, sous une puissance de 100000 kW env.

En rassemblant ces possibilités d'écoulement, prévisibles dans un avenir pas trop éloigné, on arrive, en grossière approximation, au tableau suivant:

	Consommation annuelle 10 ⁶ kWh	Puissance installée kW
1. Communes, force et lumière	50	30 000
2. Trams, chemins de fer secondaires	30	15 000
3. Electrification des chemins de fer principaux	80	25 000
4. Installations centrales de pompage pour l'irrigation et le drainage	30	15 000
5. Moulins à céréales, petites pompes individuelles, industrie (sans les engrais)	50	30 000
6. Fabrication éventuelle des engrais chimiques	300	100 000
Total	540	215 000

Naturellement ceci est loin de représenter la somme de tous les besoins d'énergie du pays, car rien que pour remplacer les moteurs Diesel actuels il faudrait une puissance d'environ 500000 kW, pour une consommation annuelle de près de

1000 millions de kWh. Mais il est clair qu'on ne peut pas songer à substituer des moteurs électriques à tous les moteurs Diesel dans l'espace de quelques années. Le tableau ci-dessus ne contient que les quantités d'énergie qui pourraient être couvertes éventuellement par de grandes centrales électriques dans un avenir pas trop éloigné.

La répartition locale de ces besoins d'énergie serait telle qu'environ 80 à 100 000 kW trouveraient leur emploi dans le Delta, 20 à 40 000 kW le long de la bande étroite, longue de 800 km, de la Vallée du Nil et 100 000 kW pour la fabrication des engrais artificiels, n'importe où. Il y aurait lieu naturellement d'examiner avec soin, dans ce dernier cas, quelle serait la solution la plus avantageuse, soit le transport de l'engrais artificiel au lieu de consommation (principalement dans le Delta), soit le transport d'énergie ou éventuellement de charbon, etc., à l'emplacement des fabriques d'azote.

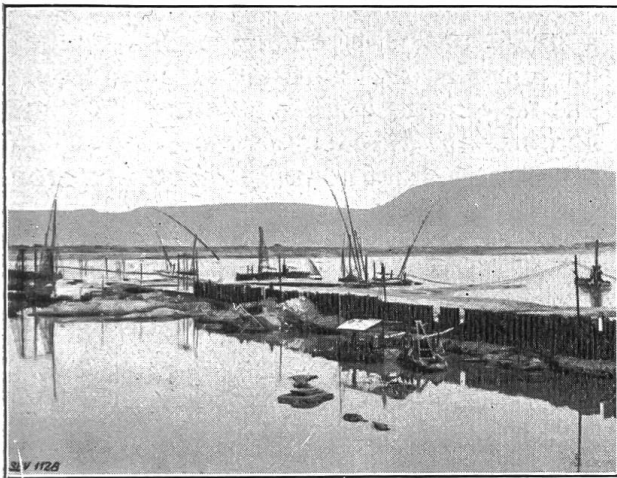


Fig. 14.
Barrage de Naga Hamadi (en construction).

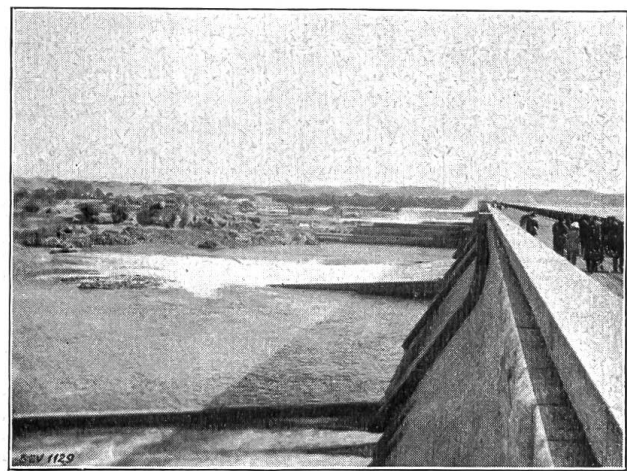


Fig. 15.
Barrage d'Assouan (première étape).

Ici je dois intercaler une remarque. Il existe plusieurs procédés de fabrication des engrais azotés. Les uns nécessitent beaucoup d'énergie, mais pas de charbon et sont faciles à exploiter; les autres emploient beaucoup moins d'énergie, mais en revanche du charbon (qui doit être transporté à la fabrique) et un personnel entraîné. Par conséquent, il n'est pas dit sans autre, comme on le croit généralement, que les fabriques d'azote devraient être nécessairement construites à Assouan. On peut se résigner à une grande perte d'énergie dans les lignes de transport, si un procédé plus économique de fabrication n'est réalisable qu'à ce prix. A Assouan même, à 1000 km de la mer, il n'y a guère qu'un procédé n'exigeant ni charbon ni main d'oeuvre spécialisée (à cause du climat) qui pourrait entrer en ligne de compte. Mais ces procédés ont l'inconvénient de très mal tirer parti de l'énergie électrique. Une fabrique d'engrais artificiel située plus près de la mer pourrait travailler avec une consommation d'énergie beaucoup moindre, mais avec de plus grandes pertes dans la ligne de transport, parce que le charbon et le personnel qualifié seraient à sa disposition. Des calculs exacts sont seuls à même d'indiquer la voie à suivre. Il est bien possible que les pertes d'énergie dues au transport d'Assouan au Caire, même si elle étaient assez considérables, seraient compensées par une utilisation plus rationnelle. Il se peut même que la concentration des fabriques d'engrais dans la région du Caire faciliterait sensiblement le côté économique du transport d'énergie Assouan-Le Caire. Nous ne pouvons pas nous étendre ici sur ce sujet, mais la question présente un grand intérêt.

La répartition de la consommation d'énergie dans le temps, c.à.d. la courbe de charge présumée de la ou des centrales d'électricité, est égale à la somme des

courbes de charge des divers appareils et machines consommateurs de courant. Sans entrer ici dans des considérations plus détaillées, on peut dire cependant que la fabrication de l'azote permet d'adapter en quelque sorte la courbe de charge aux disponibilités.

Après avoir esquissé rapidement la question de la consommation d'énergie, ainsi que de sa répartition dans le temps et sur le territoire, nous voulons considérer les différentes possibilités qui s'ouvrent à l'extension de la production d'énergie en Egypte.

Il est clair que la production d'énergie dans d'innombrables petites installations à moteurs Diesel (au nombre de plus de 20 000) n'est guère économique. C'est pourquoi des propositions ont été faites déjà à plusieurs reprises d'édifier une seule grande usine thermique au centre du Delta.

On peut imaginer une centrale de grande puissance, de 50 à 80 000 kW, équipée avec des turbines à vapeur modernes (env. 30 atmosphères et 450° de

surchauffe) alimentées par des chaudières à haute pression, chauffées elles-mêmes au poussier de charbon ou au mazout; l'usine serait située au centre de consommation du Delta, connectée à un réseau d'alimentation à haute tension de 60 à 70 000 volts, de 100 km de rayon environ. La centrale pourrait être équipée peu à peu, suivant les besoins croissants de la consommation. Avant d'entreprendre la construction d'une usine semblable, il est évident qu'une entente serait nécessaire entre les fournisseurs actuels de courant, c.à.d. le gouvernement d'un côté, les centrales existantes de la Société Lebon & Cie, les divers Tramways, la Compagnie d'Héliopolis, etc. d'autre part. On se demande tout naturellement s'il n'y aurait pas lieu d'appliquer ici le prin-

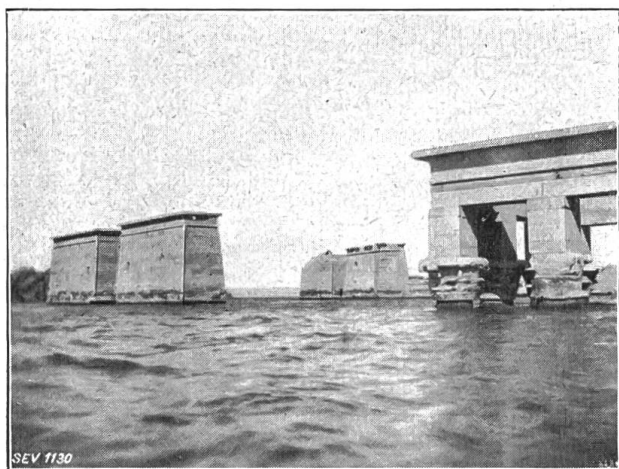


Fig. 16.

Ruines des temples de Philae, immergées dans le réservoir d'Assouan.

cipe de l'entreprise mixte, comme il est réalisé en Suisse par les Forces Motrices Bernoises et d'autres entreprises électriques analogues, pour le plus grand profit de tous les intéressés.

La construction d'une centrale principale thermique de ce genre (les installations existantes servant de réserves et de compensateurs de phase) serait certainement économique et aurait l'avantage de ne pas réclamer l'édification simultanée de fabriques d'engrais chimiques; elle pourrait travailler plus tard en parallèle avec les centrales hydrauliques.

Une deuxième possibilité consiste à utiliser les forces hydrauliques du Nil au moyen de barrages, celui d'Assouan en premier lieu, où l'on pourra produire plusieurs centaines de milliers de kW. Le problème d'Assouan est caractérisé par trois facteurs: primo chute extraordinairement variable, entre 4 et 34 mètres; secundo débit tout aussi instable, de 8 000 m³/s env. sous la chute la plus basse, à 1 000 m³/s env. sous la plus haute chute; tertio distance de 800–900 km jusqu'au centre actuel de consommation (fig. 17).

Le constructeur de turbines est placé ici en face de problèmes très intéressants, car il s'agit de réaliser des turbines hydrauliques ou des combinaisons de turbines tournant à vitesse constante, sous une chute et un débit aussi variables. On pourrait imaginer des génératrices à nombre de pôles modifiable, ou bien la production d'une partie du courant sous fréquence variable, laquelle n'a pas besoin d'être rigoureusement constante pour la fabrication de l'azote. On a proposé aussi le

transport d'énergie par courant continu à haute tension. Le temps me manque naturellement pour examiner ici le problème d'Assouan sous tous ses angles.

On projette à l'heure qu'il est l'aménagement d'une troisième source d'énergie hydraulique, la centrale de Quattara²⁾, où env. 500 m³ d'eau de mer s'écouleront chaque seconde dans une dépression profonde du désert pour s'y évaporer. La puissance de cette centrale, une fois complètement construite, s'élèverait à 200 000 kW environ. Pour le moment le gouvernement fait procéder à des sondages du terrain, afin de recueillir la base nécessaire à l'établissement de devis pour le tunnel de 48 km et le canal ouvert de 12 km destinés à l'adduction de l'eau. Des essais au lac de Fayoum (Birk el Keroun), d'une superficie de 233 km², ont démontré

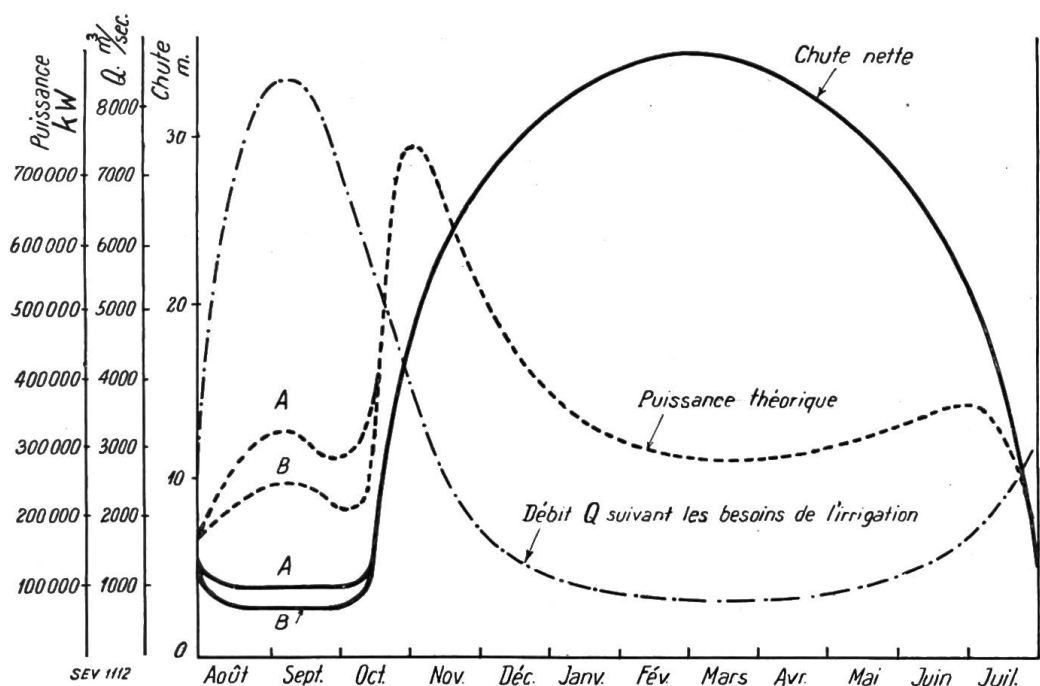


Fig. 17.

Débit, chute nette et puissance disponible prévus au barrage d'Assouan, après son agrandissement.

Variante A: correspond à une chute minimum de 4 m.

Variante B: correspond à une chute minimum de 3 m.

qu'à la cote -43 m une couche d'eau de 5,5 mm en moyenne s'évapore quotidiennement à la surface du lac. L'exécution de la centrale de Quattara, dont la valeur économique dépend en premier lieu des frais d'établissement du tunnel et du canal d'adduction, placerait les ingénieurs en face d'une série de problèmes nouveaux du plus haut intérêt. Je vais donc décrire brièvement les données techniques approximatives de ce projet unique en son genre.

La dépression envisagée est située à l'ouest de l'embouchure du Nil, à env. 60 km de la Méditerranée et à 160 km d'Alexandrie; elle a 134 m de profondeur maximum. A la cote -50 m le lac artificiel aurait déjà une superficie de 10 500 km². Il serait au moins 6 fois plus grand que le canton de Zurich, c.à.d. qu'il aurait le quart de l'étendue de la Suisse. On utiliserait une chute nette de 42 m entre la cote -8 et la cote -50. L'adduction de l'eau exigerait 4 tunnels de 8 m de diamètre. Le transport d'énergie jusqu'à Alexandrie aurait env. 160 km de longueur, et 210 jusqu'au Caire. Le temps disponible m'interdit une fois encore de donner ici d'autres détails sur ce projet extrêmement intéressant.

²⁾ Voir aussi H. Sirry Bey, The Quattara Power Scheme, dans The Geographical Review Vol. XIX, No. 2, avril 1929.

Conclusions.

D'après ce que j'ai dit, vous aurez pu voir qu'une quantité de questions restent à élucider avant d'entreprendre l'électrification en grand de l'Égypte. Il s'agit en premier lieu d'étudier soigneusement la question des débouchés de courant et celle de leur répartition dans le temps et sur le territoire. En même temps, il faut étudier les problèmes techniques que posent les diverses variantes pour le transport de la force. Des calculs comparatifs de rentabilité sont de rigueur, portant sur les installations hydro-électriques projetées, notamment à Assouan et à Quattara, et sur les centrales thermiques. Un examen attentif des frais d'établissement et du rendement économique du transport d'énergie à grande distance (800 km) projeté entre Assouan et Le Caire s'impose, en tenant compte de l'influence que pourraient avoir sur les conditions envisagées la construction d'une grande fabrique d'engrais chimiques, ainsi que le choix de son emplacement et le procédé de fabrication adopté. Il y a lieu d'examiner en même temps sur quelle étendue et à quelle allure l'électrification des chemins de fer est recommandable. Enfin on devra se demander quels prix les différentes catégories de consommateurs sont à même de payer et dans quel rapport les recettes réalisables seront au prix de revient du courant produit.

Du moment qu'une demande immédiate de grandes quantités d'énergie aux centrales nouvelles encore à construire n'est pas à prévoir, je recommande d'avancer par étapes. Comme une centrale thermique dans le Delta sera toujours nécessaire, même plus tard comme réserve une fois que les installations hydro-électriques seront édifiées, c'est une usine de ce genre qui paraît le mieux indiquée pour commencer.

Il est très important que toutes les installations à construire trouvent place plus tard dans un plan d'ensemble unique. On fixera par conséquent dès aujourd'hui des données uniformes, par exemple la fréquence à 50, la tension des génératrices et des distributions locales à 6000 volts, la tension pour les transports d'énergie à petite et moyenne distance à 60–70000 V. Pour obtenir des installations bon marché, les tensions de service et d'essai devraient être choisies de telle sorte que les fabricants de machines et de matériel électrique des divers pays puissent offrir leur types normaux. Les projets d'aménagement des forces hydrauliques devraient enfin prévoir une mise en service graduelle.

L'électrification occupe actuellement en Égypte le centre de l'intérêt national. Les études préliminaires sont poussées énergiquement. Un comité ministériel a été formé pour en examiner les lignes directrices. Un grand nombre d'intéressés ont déjà fait différentes propositions, actuellement à l'étude. C'est naturellement en première ligne la Compagnie Lebon, qui possède déjà de grandes centrales à Alexandrie, au Caire, à Port-Saïd, qui s'intéresse le plus à l'établissement d'une grande centrale thermo-électrique dans le Delta. La Compagnie d'Héliopolis aussi a tout intérêt à la construction d'une centrale de ce genre, qui fait d'ailleurs l'objet d'études de la part du gouvernement égyptien lui-même. Un groupe financier a approfondi l'éventualité de l'électrification complète du Delta entier et a déjà présenté des demandes de concession à ce sujet. Un autre groupe, plus considérable encore, a proposé de prendre à sa charge l'électrification totale de toute l'Égypte, envisageant une production annuelle d'énergie dépassant 2000 millions de kWh.

Il ne m'est naturellement pas permis d'entrer ici dans les détails de ces propositions d'origine privée. Mais vous pouvez vous rendre compte, d'après les efforts fournis de toute part, que l'électrification de l'Égypte est devenue une question des plus actuelle. J'espère avoir réussi à vous orienter dans ce sens et à vous intéresser aux conditions caractérisant le domaine électrique, dans ce pays qui prend aujourd'hui un essor si remarquable, où les ingénieurs ont encore une immense tâche devant eux, mais où ils se trouvent aussi en présence d'une volonté bien arrêtée de mettre à profit les progrès de la science et de la technique, et qui dispose des moyens nécessaires pour atteindre ce but.
