

l'augmentation des salaires, soit surtout parce que le fret est excessivement élevé depuis la guerre sous-marine.

Nous donnons les informations suivantes qui nous tombent sous les yeux et qui confirment notre remarque au sujet de la Suisse : L'Encyclopédie Britannique, page 770, seconde colonne, 1<sup>er</sup> volume, dit : « En juillet 1888, la Société Métallurgique Suisse construisit une usine actionnée par une turbine de 500 HP., pour exploiter le procédé Héroult, et à la fin de cette année, l'« Allgemeines Elektrizitäts Gesellschaft » s'unit à la compagnie suisse pour organiser l'« Aluminium Industrie Actien Gesellschaft de Neuhausen », qui a des fabriques en Suisse, en Allemagne et en Autriche ». Bonne idée, n'est-ce pas, chers compatriotes, que d'envoyer notre minerai d'alumine en Suisse !

*Chambre de Commerce Française de New-York (mars 1918).*

## LES SOURCES D'ÉNERGIE INEXPLOITÉES

### LES SCHISTES

L'angoissante crise des matières premières que nous subissons actuellement nous oblige à rechercher et à exploiter, dans les limites de notre territoire, un grand nombre de gisements minéraux, dont notre sol est, d'ailleurs, très riche, et pour les produits desquels nous étions naguère tributaires de l'étranger.

Nos tourbières, répandues à profusion en tous les points du pays, après une campagne vigoureusement menée dans la Presse technique, entrent enfin dans la voie de l'exploitation intensive.

Mais la crise des combustibles est très aiguë et va constamment en s'accroissant. On ne doit, d'ailleurs, pas songer à sa disparition soudaine le jour où la paix aura été enfin rétablie sur notre continent ; de longues années seront encore nécessaires avant que l'ordre normal règne à nouveau dans notre industrie.

### GÉNÉRALITÉS SUR L'INDUSTRIE DES SCHISTES

Or, pour les combustibles liquides, nous sommes dans la dépendance complète de l'étranger. Nous sommes, en effet, tributaires, pour nos pétroles et leurs dérivés de la Roumanie, de la Galicie, du Caucase et des Etats-Unis. Le fardeau de cette dépendance se fait lourdement sentir à l'heure actuelle. C'est pourquoi nous devons essayer d'y remédier et le moyen le plus sûr et le meilleur consiste dans l'exploitation de nos gisements de schistes bitumineux d'Autun, de l'Allier, du Var, du Puy-de-Dôme, des Basses-Alpes et probablement d'autres régions encore où une prospection méthodique en permettra la découverte.

L'industrie des schistes a pris naissance en France où un physicien suisse, M. SELLIGUES, obtint de l'huile photogène par décomposition des schistes de l'Autunois chauffés au rouge dans une cornue. Vers 1845, James YOUNG et MELDRUM fondèrent, en Ecosse, la première usine de ce pays pour le traitement des schistes bitumineux, en vue de la production d'une huile lampante et d'une huile de graissage.

Tandis qu'en Ecosse, la fabrication des huiles de schistes prenait une extension constamment croissante, elle suivait en France une marche inverse ainsi qu'en témoigne le tableau ci-contre, établi d'après les Statistiques de l'Industrie Minière.


TABLEAU DE LA FABRICATION DES HUILES DE SCHISTE EN FRANCE

ANNÉES	Schiste extrait Tonnes	Huile produite Tonnes	ANNÉES	Schiste extrait Tonnes	Huile produite Tonnes
1893	186.040	97.820	1901	208.070	131.670
1894	185.617	94.457	1902	212.955	141.821
1895	216.079	106.958	1903	198.280	136.136
1896	178.571	100.415	1904	184.030	139.826
1897	190.302	114.763	1905	163.000	—
1898	181.988	109.963	1908	131.000	—
1899	209.125	131.865	1909	124.050	—
1900	220.609	134.191			

On voit donc que, depuis 1902, la décroissance de l'extraction est continue ; elle n'a, d'ailleurs, pu que s'accroître depuis la guerre, un certain nombre de sociétés ayant cessé l'exploitation. Par contre, on remarquera l'augmentation du rendement en huile, due à l'amélioration des procédés de distillation. Le rendement du schiste autunois, qui était autrefois de 6 pour 100, a été porté à 7,7 pour 100, et dépasse aujourd'hui certainement cette dernière proportion, avec les derniers perfectionnements apportés aux méthodes et aux appareils. On obtient également, comme sous-produit, du sulfate d'ammoniaque, dont la valeur commerciale est très grande.

Le schiste est extrait, en France, au moyen de puits ; en Ecosse, au moyen de galeries inclinées. Son prix de revient était, il y a un certain nombre d'années, de 3,50 à 4 fr. la tonne en France et de 6 fr. 87 en Ecosse. Ce n'est donc pas de ce côté qu'il convient de rechercher les raisons de l'infériorité de l'industrie française par rapport à l'industrie écossaise, pas plus que dans l'épuisement des gisements en exploitation ; on estime, en effet, la richesse de ceux-ci à plus de 100 millions de tonnes. Ces raisons résident plutôt dans les procédés de distillation.

**HISTORIQUE DE LA DISTILLATION DES SCHISTES.** — Avant d'arriver à la description d'une installation actuelle, il n'est pas inutile de jeter un rapide coup d'œil sur les divers stades de l'évolution de la distillation des schistes :

Les premières schisteries écossaises traitaient le minéral dans des cornues en terre réfractaire ou en fonte en forme de , composées d'un corps à sole plate chauffée directement par le foyer et d'une tête de cornue communiquant avec la canalisation d'échappement des produits de la distillation. Les dimensions de ces cornues étaient de 0.60 x 0.35 x 2.50 mètres. Un premier perfectionnement consista dans l'emploi des cornues de plus grandes dimensions, pouvant recevoir des charges de 500 kgs. et munies intérieurement d'une hélice chargée d'assurer le malaxage de la masse et l'évacuation du résidu en fin d'opération dans un bac d'eau.

Ces cornues étaient disposées par groupe de 2, 5 ou 7, chauffées au moyen d'un ou de deux foyers dans un massif en maçonnerie.

Ces appareils donnaient des résultats satisfaisants avec les bogheads, mais convenaient mal au traitement des schistes maigres : aussi furent-ils bientôt remplacés par des cornues verticales en fonte de 2 m. 50 de hauteur disposées par groupes de trois, chauffées par un même foyer. Cette disposition verticale des cornues présentait, en outre, l'avantage d'obliger les produits de la distillation, prenant naissance à la partie inférieure, à traverser toute la colonne de schistes qu'ils réchauffaient en se débarrassant d'une partie de leurs

impuretés. L'augmentation de rendement apportée par cette première modification fut de 16 pour 100.

KIRCH introduisit une amélioration intéressante à cet appareil, en donnant aux cornues une section elliptique et en y adaptant une injection de vapeur d'eau afin d'accroître l'homogénéité des produits de la distillation. La capacité de chacune de ces cornues était de 1.000 kgs de schiste en quinze heures.

Ce perfectionnement augmenta le rendement de la distillation de 50 pour 100 et, simultanément, améliora la qualité des produits obtenus.

HENDERSON introduisit l'utilisation des gaz incondensables résultant de la distillation du schiste pour le chauffage des cornues, réalisant ainsi une économie de 50 pour 100 sur le combustible et de 30 pour 100 sur la main-d'œuvre nécessaire au service des cornues.

### PROCÉDÉ MODERNE DE DISTILLATION DES SCHISTES

La Société Lyonnaise des schistes bitumineux, qui exploite les gisements d'Autun, emploie actuellement la cornue écossaise Young et Fife, à laquelle elle a apporté certaines modifications nécessitées par la nature différente du produit à traiter.

L'avantage de cet appareil réside, non pas dans une augmentation du rendement en huile brute, mais dans une diminution notable de la consommation de combustible nécessaire pour le chauffage des cornues. Ainsi, à l'usine de Ravelon, l'ancienne batterie écossaise produisait 70 hectos d'huile brute et nécessitait pour son chauffage une tonne de houille par jour. Aujourd'hui, avec les appareils Young et Fife, la production journalière est de 120 hectos et la consommation de houille est nulle.

L'appareil complet a une hauteur de 10 mètres environ et constitue un bloc prismatique. Chaque cornue se compose de trois parties (figure schématique ci-dessus) :

La partie inférieure, en terre réfractaire, en forme de coude pour faciliter le déchargement du résidu. La partie intermédiaire, en fonte, qui communique à sa partie supérieure avec un caisson en fonte également, commun à un groupe de quatre cornues et par lequel s'effectue le chargement de celles-ci.

Des carnaux C reçoivent, par l'intermédiaire de la canalisation F, les gaz incondensables qui assurent le chauffage de la masse. Ce dispositif permet la suppression complète des gazogènes : les gaz de la combustion sont évacués par la cheminée G.

La vapeur, injectée par la canalisation H est additionnée d'air qui, au préalable, a traversé un scrubber parcouru par les eaux ammoniacales provenant d'un appareil à sulfate. De cette façon, les traces d'ammoniaque qui auraient pu être perdues sont ramenées dans le circuit. Le réglage de l'injection d'air et de vapeur d'eau est très délicat et constitue le point sensible de l'installation.

La capacité de chacune de ces cornues est de 70 hectos ; la distillation dure de 30 à 40 heures, ce qui correspond à un traitement de 42 hectos de schistes produisant 3 hectos d'huile brute par vingt-quatre heures.

Le schiste, concassé à la grosseur d'une noisette, est déversé dans le caisson A, d'où il passe dans la partie intermédiaire B où il distille, puis arrive dans la chambre de combustion proprement dite C où il est chauffé à blanc.

De cette façon, les deux conditions nécessaires au bon fonctionnement de l'exploitation sont remplies : 1° D'une

part, le schiste est distillé à une température relativement basse, évitant ainsi la décomposition de l'huile en gaz incondensables et la diminution du rendement en huile ; 2° D'autre part, le résidu est porté à une température très élevée nécessaire à la mise en liberté, sous forme d'ammoniaque, de tout l'azote contenu dans le schiste. Ces deux conditions, en apparence contradictoires, sont donc conciliées dans le même appareil.

Par suite de l'économie de combustible qu'il permet de réaliser, cet appareil est surtout avantageux dans l'Autunois beaucoup plus que dans l'Allier. En effet, dans ce dernier département, le schiste est doublé d'un banc d'une épaisseur de 2 m. d'un mauvais charbon qui ne peut qu'être employé sur place au chauffage des cornues. On estime que la cornue de la Société Lyonnaise permet de réaliser une économie de 0 fr. 40 par hectolitre d'huile.

La condensation des vapeurs qui distillent donne trois produits bruts : Goudron de schiste. — Eau ammoniacale. — Gaz incondensables.

Les gaz incondensables qui entraînent avec eux une certaine proportion d'huile et d'ammoniaque, sont amenés à la partie inférieure d'un scrubber à coke parcouru de haut en bas par de l'huile lourde qui retient les hydrocarbures légers et l'ammoniaque. Les huiles légères sont recueillies dans un appareil spécial et l'ammoniaque est séparé par lavage de l'huile du scrubber par un courant d'eau.

Le rendement d'un schiste bitumineux à la distillation est en moyenne le suivant :

Goudron.....	5 à 10 %	Eau.....	50 à 60 %
Coke.....	25 à 35 %	Gaz (incondens.)	le reste

Le goudron possède une consistance butyreuse à la température ordinaire, une couleur brune ou noire et une odeur spéciale. Sa densité varie de 0.850 à 0.910 suivant la teneur en paraffine. Sa composition est très complexe ; il est constitué surtout par des hydrocarbures de la série des paraffines et oléfines, mais contient aussi des corps aromatiques parmi lesquels des phénols dans la proportion de 5 à 20 pour cent. Il contient également du soufre en combinaisons organiques, très difficile à séparer et qui constitue le gros inconvénient de ces huiles.

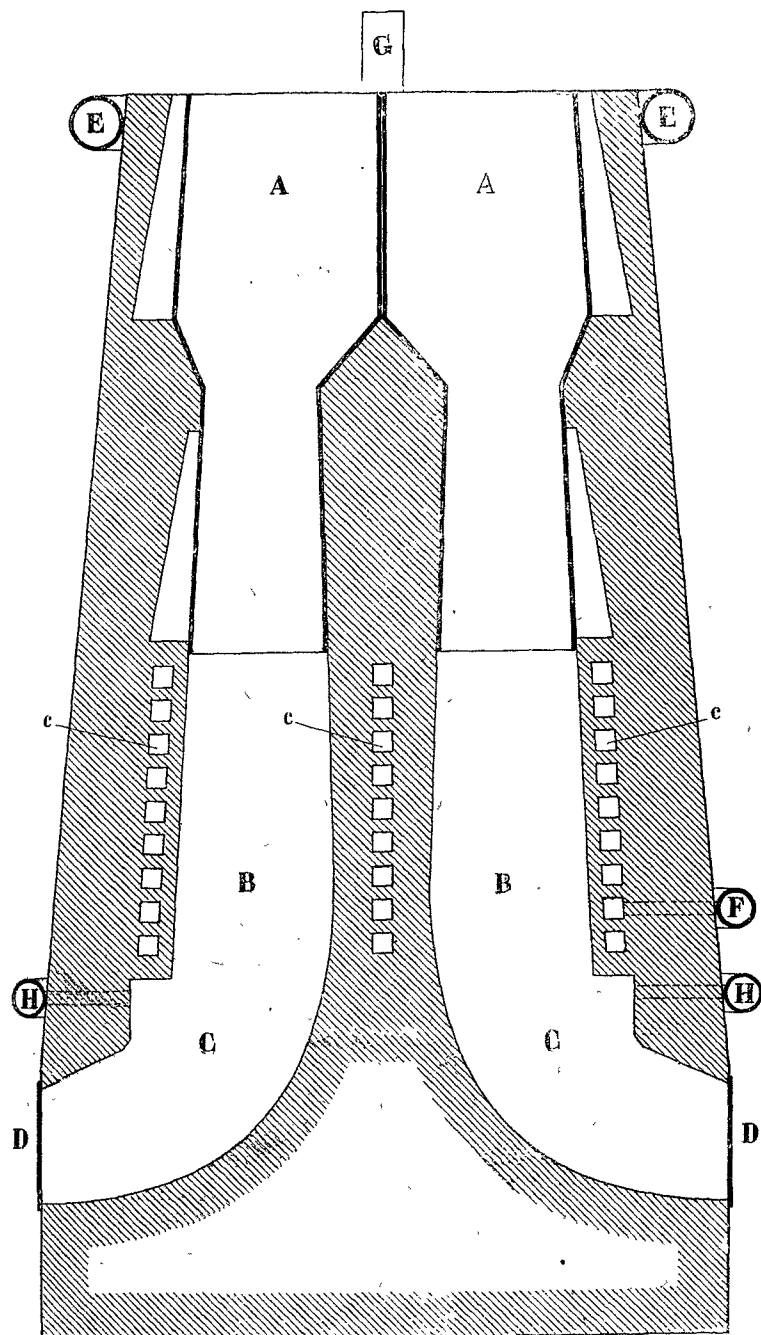
De nombreuses recherches ont été entreprises surtout en Angleterre pour arriver à éliminer le soufre de certaines huiles de schiste et de celles du Kimmeridge (Ecosse), particulièrement. Aucun procédé industriellement applicable n'a encore été découvert jusqu'à l'heure actuelle et c'est précisément la cause qui retarde l'exploitation de ces importants gisements.

Les tentatives faites jusqu'à ce jour ont consisté à traiter l'huile à chaud par des agents réducteurs, en présence de métaux. On est ainsi parvenu à supprimer l'odeur désagréable due au soufre. On a également tenté la distillation en présence d'alcali et de zinc, de carbure de calcium, le traitement par l'hydrogène naissant par le chlorure de mercure, par des méthodes électrolytiques. Aucun de ces procédés ne paraît avoir donné de résultats satisfaisants.

#### DISTILLATION DU GOUDRON DE SCHISTES BITUMINEUX

Cette opération s'effectue généralement dans des chaudières en fonte, à fond hémisphérique, d'une capacité de deux à trois mètres cubes, et est généralement facilitée par l'action du vide. On interrompt la distillation lorsque la charge de la chaudière est réduite des deux tiers. Le résidu est alors traité dans un appareil de capacité plus faible et chauffé à température plus élevée.

Le goudron brut est d'abord décanté dans un bassin où il abandonne son eau et ses impuretés les plus denses et est ensuite chargé dans les chaudières que l'on remplit aux deux tiers. Les premières vapeurs commencent à se dégager deux heures après l'allumage des feux. Elles sont d'abord constituées par de l'eau, puis par une huile à peu près privée de



CORNUÉ YOUNG & FIFE

**LÉGENDE.** — A, Chambres de chargement. — B, Chambre de distillation. — C, Chambre de combustion. — D, Porte de défournement. — E, Collecteur des produits de la distillation. — H, Canalisation d'injection du mélange d'air et de vapeur. — c, Carneaux de combustion des gaz non condensés. — F, Canalisation d'alimentation des carneaux — G, Cheminée d'évacuation des gaz brûlés.

paraffine, constituant 30 pour 100 du goudron. A ce moment, on fait alors agir le vide. Ensuite les huiles paraffineuses distillent :

Lorsque le volume du goudron est réduit au tiers de son volume primitif, on cesse le chauffage, mais prolonge l'action du vide pendant une heure et demie encore. Le résidu est distillé dans la seconde chaudière dont il a été question ci-dessus et on fractionne le distillat dès l'apparition des

produits rouges constitués principalement par du chrysène ( $C^{18}H^{12}$ ) et d'autres carbures aromatiques résultant de la décomposition du goudron par la chaleur.

Ces produits, de consistance poisseuse, d'une couleur jaune rougeâtre, fondant à  $250^{\circ}$  cent. n'ont pas encore trouvé d'applications industrielles et constituent l'impureté la plus dangereuse.

Leur proportion dans le goudron de schiste bitumineux est de 2 pour 100. A la fin de l'opération, le résidu restant dans la chaudière est constitué uniquement par du coke.

Les huiles brutes fournies par cette première distillation subissent ensuite les traitements suivants : Raffinage chimique. — 1<sup>re</sup> distillation et fractionnement. — 2<sup>e</sup> distillation. — Rectification.

**RAFFINAGE CHIMIQUE.** — Le raffinage chimique a pour but la séparation des produits acides ou basiques qui ont pris naissance au cours de la distillation pyrogénée du schiste, et qui rendent l'huile impropre au graissage ou aux autres utilisations que l'on a en vue. L'huile de goudron distillée est abandonnée pendant un temps plus ou moins prolongé dans un réservoir d'où on la décante pour l'envoyer dans les épurateurs.

Ces appareils sont constitués par des cylindres verticaux terminés à leur partie supérieure par une calotte hémisphérique et, à leur partie inférieure, par un cône portant la tubulure de vidange. Le but de ces épurateurs est de maintenir l'huile traitée dans un état aussi divisé que possible, de façon à assurer son contact intime avec l'agent de raffinage. Cet effet de pulvérisation est obtenu soit par des palettes (particulièrement pour les huiles lourdes), soit par une turbine (surtout pour les huiles légères en petites quantités), soit par insufflation d'air comprimé. En outre, les épurateurs destinés au traitement des huiles de graissage ou des huiles paraffinées, sont pourvus d'un serpentin à circulation de vapeur.

L'huile à raffiner est chargée dans l'appareil et est agitée pendant que l'on introduit peu à peu l'acide sulfurique. Il y a lieu de s'assurer, au préalable, que la température de l'huile ne dépasse pas de plus de huit à dix degrés son point de solidification.

L'acide sulfurique employé pour cette opération peut être soit le résidu acide provenant du raffinage des huiles légères, soit de l'acide régénéré à 50 degrés B, soit de l'acide concentré à 61 ou 62 degrés B. La quantité nécessaire est de 10 pour 100 du poids d'huile à raffiner dans les deux premiers cas et de 4 à 5 pour 100 lorsqu'on utilise de l'acide concentré.

Lorsque la quantité convenable d'acide a été ajoutée, on prolonge l'agitation pendant quelque temps encore, on laisse reposer la masse pendant une vingtaine d'heures, au bout desquelles on soutire et dirige le liquide sur l'épurateur alcalin. Dans cet appareil, il est soumis pendant trente minutes, à l'action d'une lessive de soude provenant des huiles ayant déjà subi plusieurs traitements. On laisse reposer, soutire le dépôt et traite l'huile par une solution de carbonate de soude régénéré à 35-38 degrés B. On laisse reposer pendant dix heures. Ce traitement alcalin est suivi d'une redistillation et d'un second traitement acide, puis d'un nouveau traitement alcalin et ainsi plusieurs fois de suite.

L'acide sulfurique se combine aux substances basiques que renferme l'huile de schiste, ainsi qu'aux résines et aux homologues inférieurs des hydrocarbures non saturés de la série des oléfines. Ces combinaisons donnent naissance à des produits sulfonés ou composés organiques du soufre, dont

les uns se déposent avec le goudron et les autres se dissolvent dans la masse. La quantité d'acide à ajouter, ainsi que son degré de concentration, doivent être fixés par un essai de laboratoire pour chaque phase de la distillation. L'action de cet agent est extrêmement complexe, et son étude nous entraînerait dans des considérations chimiques qui sortiraient totalement du cadre de cette Revue.

Aussi nous bornerons-nous à signaler simplement les effets résultants. Elimination des principes colorants de l'huile, Elimination de l'eau et des impuretés basiques.

Le traitement à la soude a pour but principal l'élimination des produits sulfonés solubles, qui ont pris naissance au cours du traitement acide précédent et, accessoirement, la neutralisation des particules acides retenues par l'huile.

Après avoir subi le raffinage chimique, les huiles sont distillées et fractionnées plusieurs fois et les produits obtenus rectifiés par les méthodes ordinaires. L'huile brute d'une densité d'environ 0.900 peut être employée directement dans les moteurs Diesel. Par distillation fractionnée, elle peut fournir : Une huile légère de densité 0.720 à 0.750 et qui convient parfaitement pour l'alimentation des moteurs à explosion au même titre que l'essence de pétrole et sans nécessiter aucune modification du moteur ni du carburateur. Son seul inconvénient, et encore est-il bien faible, consiste en ce qu'il est parfois nécessaire, par les grands froids, de réchauffer le carburateur avant la mise en marche. Une huile lampante de densité 0.805 connue sous le nom de pétrole français est aussi utilisable dans les moteurs à explosion ; du goudron de schiste, très recherché par les sociétés asphaltières ; de la paraffine dite 53-54°, produite à raison de 1 kilog par tonne de schiste distillée ; et enfin du sulfate d'ammoniaque, à raison de 10 à 12 kilogs par tonne.

Malheureusement, depuis la guerre, un grand nombre d'exploitations de schistes ont suspendu leurs travaux, faute de main-d'œuvre, de sorte que cette industrie, déjà dans le marasme auparavant, est devenue pour ainsi dire inexistante à l'heure actuelle.

Il nous semble, cependant, que les circonstances actuelles favoriseraient particulièrement son relèvement, étant donné la pénurie des matières premières en général et des carburants en particulier et l'obligation dans laquelle nous nous trouverons, en vue de notre relèvement économique, de réduire au minimum le chiffre de nos importations de l'étranger (1).

Pierre GUIEU,

Ingénieur, ancien Elève de l'École de Physique et de Chimie de Paris.

## FORCES HYDRAULIQUES COLOSSALES

A titre documentaire, en vue de la future "Société d'Etudes pour l'Aménagement du Rhône", nous donnerons dans nos prochains numéros un aperçu des installations américaines de Kéokuk, produisant 200.000 kilowatts sous une chute de 11 mètres, et nous signalerons les études en cours pour l'aménagement du Congo, dans sa traversée de la Colonie belge, qui par les chutes de Kiubo-Djuo et de N'Zilo, et la régularisation des lacs Tanganika, Moero, Tumba, donnera des puissances encore plus considérables.

(1) BIBLIOGRAPHIE. — Sur ce sujet, on consultera avec intérêt les travaux suivants :

CHESNEAU — *Annales des Mines* 1893. — ARON. — Note sur l'Industrie Française des schistes bitumineux, *Annales des Mines* 1906 (DUNOD et PINAT éditeurs).

R. EHRSAM. — Fabrication des Huiles minérales et pyrogénées (Ch. BERANGER, éditeur)

L'Huile de Schiste, *Bu letin de la Société des Ingénieurs civils de France*, Janvier-Avril 1917.

## LA HOUILLE BLANCHE AU MAROC

Devant publier par la suite des études sur cette importante question, nous commençons par la Note suivante qui servira en quelque sorte de préface en montrant tout l'intérêt que présentent ces études hydrauliques pour l'avenir du Maroc. L'un de nos prochains numéros contiendra notamment la description et des vues photographiques des neiges du Grand Atlas.

LA DIRECTION.

Le Maroc, comme tout pays neuf, a besoin de force motrice pour prendre toute l'extension dont il est susceptible. En ce pays se pose donc le problème des ressources hydro-mécaniques, et cela d'autant plus qu'on n'y a pas encore découvert de combustible industriel.

Les cours d'eau ne manquent pas, certains sont importants et par leur régularité et par leur débit, et par les chutes auxquels ils peuvent donner lieu. Tel est, par exemple, l'Oum er Rebia qui se jette vers Mazagan, sur le versant atlantique.

Nous avons signalé ailleurs (1) l'intérêt évident qu'il y a à capter, le plus vite possible, quelques-uns des milliers de chevaux qui sont perdus actuellement et, en outre, à prévoir l'organisation de grands réseaux de distribution d'énergie électrique.

Un de nos plus clairvoyants économistes et techniciens — j'ai désigné M. Victor CAMBON, a donné dans la Revue *France-Maroc* (2), un aperçu sur les forces hydrauliques du Maroc, article dans lequel il signale qu'il serait beaucoup plus intéressant d'employer les eaux de ce pays en irrigations qu'en force motrice. Si au premier abord nous avons été surpris par l'exclusivisme que l'auteur semblait professer sur ce sujet, nous avons pensé qu'il était on ne peut plus judicieux de chercher à concilier les deux nécessités : irrigation et énergie. Car, il ne faut pas s'y tromper, le Maroc étant un pays pauvre en main-d'œuvre, l'agriculture ne pourra s'y faire en grand qu'avec l'aide d'une énergie mécanique. D'ailleurs, il n'est pas évident que l'extension des surfaces cultivées pourra y être constante après la guerre. La création de trop nombreux canaux risque de donner des déboires, et il est peu avantageux, nous semble-t-il de construire des canaux d'irrigation inutilisés que l'on adapte ensuite tant bien que mal, au rôle de canaux d'amenée d'usines (cas du canal de la Bourne, en France).

Depuis les études déjà considérables de MUNTZ et LAINÉ, sur l'aptitude des sols à l'irrigation (3), on peut arriver à discerner les terrains où l'arrosage ne peut pas réussir : peut-être s'en trouvera-t-il au Maroc ; mais ce n'est pas l'application d'un principe qu'il faut faire, de propos délibéré. Il faut que dans chaque situation on évalue l'accroissement de récoltes, de bénéfices, que peut donner l'épandage de l'eau sur les surfaces aptes à la recevoir utilement en arrosages. D'autre part, il convient d'évaluer la puissance qui serait rendue disponible par le passage de cette même eau en usine. De la comparaison des études doit sortir une conclusion devant laquelle chacun n'aura qu'à s'incliner.

Il est possible que, dans certaines situations, sans que l'eau soit rendue inapte à irriguer de vastes surfaces, des chutes importantes soient créées.

(1) *La Nature*, n° 2296, 29 septembre 1917, page 203.

(2) *France-Maroc*, N° 9, 15 septembre 1917, page 2

(3) Ces deux savants, nos maîtres regrettés, avaient publié dans les *Annales de l'Hydraulique du Ministère de l'Agriculture*, la plus grande partie de leurs travaux (fascicules : 38, 1908, p. 17-19 ; 44, 1912, p. 1 à 130).