

# Etude sur les schistes bitumineux

par G. de GRAND RY

Ingénieur A. I. Lg.

*La production sans cesse croissante du pétrole, causée par l'usage de plus en plus répandu des combustibles liquides, n'a pas été sans inquiéter certains pays producteurs. Le taux d'accroissement de cette production est tel qu'il faut craindre un épuisement plus ou moins prochain des réserves des gisements pétrolifères. Certaines mesures sont prises dès à présent en vue de cette éventualité. Parmi ces mesures, figurent l'exploitation et l'utilisation des schistes bitumineux.*

*Le Congo possède de puissantes formations de schistes bitumineux qui n'ont pas fait jusqu'ici l'objet d'études approfondies.*

*Le moment semble bien choisi pour attirer l'attention sur ces richesses naturelles de notre Colonie. Cette étude a pour but de montrer l'intérêt qu'il y aurait à les exploiter.*

*Après un exposé général de la question, la situation de l'industrie des schistes bitumineux dans le monde est passée en revue.*

*De cet examen des conditions dans lesquelles se présente le problème des schistes bitumineux dans les divers pays, l'auteur tire certaines conclusions. Ceci l'amène à poser la question de savoir si la distillation des schistes bitumineux du Congo est économiquement possible. La réponse à cette question ne peut être donnée qu'après une étude approfondie dont il trace le programme.*

## INTRODUCTION.

Au moment où le développement économique du Congo est à l'ordre du jour, il importe de se demander si toutes les richesses naturelles de notre colonie ont reçu l'attention qu'elles méritent.

Parmi celles-ci figurent, au tout premier plan, les schistes bitumineux. Il semble qu'on n'a pas jusqu'ici attaché l'importance qu'elles méritent à ces puissantes formations ni réalisé le parti qu'on pourrait en tirer.

L'extraction de carburant des schistes bitumineux présenterait pour le Congo de grands avantages.

Non seulement elle libérerait la Colonie de l'importation de carburant, mais la distillation des schistes lui procurerait aussi des matières intéressantes telles que produits chimiques et pharmaceutiques, etc. parmi lesquels les engrais chimiques ne sont pas les moins précieux. Cette production s'est révélée si importante dans plusieurs pays où se pratique la distillation des schistes, que l'huile de schiste n'y est plus considérée pour ainsi dire que comme sous-produit.

A titre de renseignement, voici quel était le chiffre d'importation d'huiles minérales au Congo pendant les années 1943, 1944 et 1945, pour lesquelles les dernières statistiques ont été établies.

	1943	1944	1945
huiles minérales kg	53.327.307	42.761.554	47.183.020
valeur F	124.672.673	96.762.366	92.171.047

Mais s'il est permis d'envisager les profits qu'une telle exploitation procurerait, il ne faut pas se dissimuler, d'autre part, que le problème est très complexe. Pour établir si la distillation des schistes bitumineux est économiquement possible, une étude sérieuse doit être entreprise.

Avant de poser les données de ce problème au point de vue spécial de notre Colonie, il me semble utile de l'examiner d'un point de vue général, et ensuite tel qu'il se pose ou s'est posé dans d'autres pays et comment il y a été résolu.

## HISTORIQUE.

L'industrie des schistes bitumineux naquit en France en 1838. De là, elle s'étendit rapidement en Ecosse (1850) et aux Etats-Unis.

En Ecosse, elle prospéra pendant 75 ans et déclina par suite de l'épuisement des gisements.

Ces premiers essais auraient certainement conduit à un développement commercial important d'huile de schistes dans ce pays, si vers 1859 ne s'était produite la découverte du pétrole en Pennsylvanie. Comme nous le dirons plus loin, d'autres tentatives pour développer cette industrie furent

faites plus tard, entravées encore par la découverte de nouveaux gisements de pétrole.

Dans d'autres pays, cette industrie a pris naissance, notamment en Estonie. Nous en parlerons lorsque nous examinerons plus en détail la situation des schistes bitumineux dans le monde.

### SCHISTES BITUMINEUX.

Ce sont des schistes qui, par distillation, donnent une huile analogue à l'huile de pétrole. Leur composition comprend une partie organique ou bitume, et une partie minérale.

La partie organique est désignée sous le nom de bitume par les uns, de kérogène par les autres.

La nature chimique de cette substance est encore peu connue; il s'agit d'un mélange de plusieurs corps au sujet desquels n'existent que peu de données précises. Ad. Spiegel admet qu'on a affaire à des sels d'acides gras à poids moléculaire élevé. Engler a pu démontrer la présence de cholestérols. Ceux-ci sont exclusivement d'origine animale. Certains schistes bitumineux contiennent des porphyrines dérivés de l'hémine et de la chlorophylle, ce qui prouve leur origine à la fois animale et végétale. La matière organique contient des composés azotés. Quant à la partie minérale, ses constituants sont l'argile, le calcaire et la pyrite, ce qui implique la présence des éléments suivants : Fe, Ca, Si, C, S, O et H. En outre, on a décelé l'existence de K, Na, Mg, Mn, Ti, V, Cr et P. On doit attacher un vif intérêt à la connaissance des constituants minéraux, car certains d'entre eux peuvent exercer des actions catalytiques favorables ou défavorables dans certaines transformations, notamment les traitements d'hydrogénation.

D'après B. Sander, on a l'impression que l'argile colloïdale a fixé et entraîné avec elle les matières génératrices de bitume et Hermal estime que la composante minérale des schistes bitumineux agit moins par sa nature chimique que par sa constitution physique.

Le résidu de la distillation des schistes bitumineux est composé de silicates complexes d'aluminium, d'oxyde ferrique et de chaux. La teneur en azote du schiste bitumineux varie de 0 à 1 p. c. et celle en soufre de 0 à 6 p. c.

Certains schistes contiennent des phosphates et de la potasse, mais en faibles proportions.

L'aluminium se présente souvent en quantités considérables, par exemple dans la torbanite de la Nouvelle-Galles du Sud (64 p. c. de  $Al_2O_3$ ) et dans les schistes d'alun de Suède.

Les métaux rares (or, platine, argent) ont été signalés en faibles quantités.

La présence d'uranium dans les dépôts de schistes bitumineux de Suède fut démontrée pour la première fois par Nordenskiöld en 1894. Certains schistes contiennent également plus de 0,4 p. c. de vanadium.

J.-E. Eklund signale que des schistes d'origine similaire sont déjà connus aux Etats-Unis, en U.R.S.S., en Norvège, au Danemark, en Tchécoslovaquie, en Belgique et en France.

D'après cet auteur, ces schistes représenteraient en Suède, où ils ont déjà été exploités pour en extraire le radium, des dépôts considérables d'une teneur en uranium de 0,1 à 1 p. c.

L'huile de schiste proprement dite est essentiellement l'équivalente de l'huile de pétrole, sauf qu'elle contient une proportion plus importante de produits non saturés. Les principaux composants de cette huile comprennent des membres des deux principales séries d'hydrocarbures, aliphatique ou aromatique.

Les besoins de l'industrie peuvent être satisfaits par la production d'huile de graissage, paraffine, huiles de moteurs, gazoline, kérosène et autres produits semblables. Les huiles de schistes peuvent être soumises au cracking par tous les procédés connus.

Les gazolines dérivant des schistes bitumeux sont spécialement recherchées par suite de leurs qualités antidétonantes, dans les moteurs à haute pression. Des essais faits en laboratoire ont prouvé qu'on pouvait obtenir une augmentation de puissance de 20 à 25 p. c. par l'emploi de cette gazoline par suite des compressions plus fortes qu'il est possible d'obtenir.

On peut aussi procéder à l'hydrogénation ou saturation des composés non saturés, d'où augmentation du rendement.

### ORIGINE ET CARACTERES PRINCIPAUX DES SCHISTES BITUMINEUX.

D'après leur genre de vie les organismes aquatiques se répartissent sur trois groupes.

1. — Les organismes benthoniques ou benthos, dont l'existence se passe au fond des eaux. Le benthos sessile comprend les êtres fixés sur le fond, mais doués d'un mouvement de locomotion très réduit.

2. — Les organismes nectoniques, le necton, animaux se déplaçant librement dans l'eau à tous les niveaux.

3. — Les organismes planctoniques, le plancton, plantes et animaux ballottés et transportés par le mouvement des vagues et des courants.

Les organismes n'ont pas nécessairement vécu là où nous trouvons leurs restes fossiles; ils ont pu être transportés au loin. La matière bitumineuse provient en grande partie d'organismes qui n'ont laissé aucune trace figurée et qui appartiennent au plancton. Certains auteurs sont d'avis que le rôle prépondérant a été joué par le plancton végétal.

D'après Pompekj, il faut ramener l'origine des schistes bitumineux à des boues remplies de restes et de déchets d'animaux et de végétaux.

De telles boues, que H. Potonié a appelées boues de putréfaction ou sapropèles, se rencontrent sur le fond des étangs, des lacs ou des mers.

L'évolution du sapropèle nous est imparfaitement connue. Il faut, dans cette diagenèse, distinguer le côté chimique, modification des matières organiques, et le côté pétrogénétique, transformation de la boue en roche dure.

A ce dernier point de vue, Potonié et Reunert distinguent les étapes suivantes :

Sapropèle : boues renfermant les organismes en putréfaction;

Saprocalle : masse encore molle mais ne coulant plus, se laissant débiter à la bêche;

Saprodile : masse ayant la consistance du carton;

Saprodite : schiste bitumineux.

En ce qui concerne le côté chimique, il faut distinguer les matières considérées comme substances mères du bitume :

1) les matières grasses, graisses, huiles et cires; les algues et les animaux en contiennent à peu près le même pourcentage;

2) la cutine des cuticules et les exines des spores, la subérine des tissus subéreux contiennent une forte proportion d'acides gras;

3) les substances protéïques;

4) les résines, les terpènes et les baumes.

Pour la transformation des substances organiques du sapropèle, Engler avait établi le schéma suivant :

Substances organiques du sapropèle :

Anabitume  
Polybitume  
Catabitume  
Ecgonobitume  
Oxybitume

Le stade *anabitume* serait le résultat d'une action biochimique dans laquelle les matières minérales du sapropèle auraient pu jouer le rôle de substances de contact. Par hydrolyse, les corps gras du sapropèle auraient, à la suite de diverses transformations, donné naissance à un mélange d'acides gras libres et de carbures d'hydrogène avec des cires non décomposées. Ce mélange constitue l'anabitume.

Sous l'influence de la température et de la pression, il y aurait eu polymérisation, puis fixation par adsorption sur la partie minérale du sapropèle et formation du *polybitume*.

Puis par dépolymérisation, viendrait la transformation en *catabitume* qui peut aussi provenir directement de l'anabitume.

Enfin, le stade suivant serait celui de l'*ecgonobitume* représenté par les huiles de naphte naturelles.

Par oxydation, l'*ecgonobitume* donne l'*oxybitume* ou l'asphalte.

Potonié distingue trois procédés de bituminisation :

1. *la pseudo-bituminisation*. Des substances organiques détritiques difficilement décomposables (protobitume) s'accumulent dans les roches et ne subissent pas de transformation chimique, par exemple les cannelles.

2. *l'orthobituminisation*. Celle-ci peut être de deux sortes :

a) *la métabituminisation* dans laquelle des protobitumes labiles donnent principalement des bitumes métastables (polybitumes d'Engler). Elle produit des bogheads et un grand nombre de schistes bitumineux.

b) *l'ecgonobituminisation* où les moins stables parmi les protobitumes labiles (protobitumes pétroligènes) sont transformés en pétroles sans passer par le stade polybitume. Les graisses et les huiles instables, ainsi que les protéïnes, seraient surtout aptes à donner du pétrole.

\* \* \*

Bien que semblables sous l'aspect géologique, les gisements pétrolifères et les gisements de schistes bitumineux diffèrent au point de vue économique.

La présence des gisements pétrolifères est liée à la présence de certaines structures (anticlinaux, plis diapirs, etc.). Lorsqu'une de ces structures a été découverte, il y a probabilité d'y rencontrer un gîte pétrolifère. Mais aucune certitude n'existe. La concentration ou la formation dans la roche réservoir a pu ne pas s'effectuer, ou si elle s'est produite, elle a pu se détruire ou s'altérer.

Dans le cas des schistes bitumineux, il s'agit de dépôts de roches plus ou moins réguliers, dont l'étude géologique est plus facile et peut conduire dans beaucoup de cas à des résultats plus concluants.

Il existe de nombreux types de schistes bitumineux. Leurs teneurs en huiles diffèrent énormément et déterminent s'ils sont exploitables économiquement. Une variété riche est le boghead ou torbanite, cannel coal, grahamite. Elle contient 55 à 60 p. c. de matières volatiles.

Dans le tableau suivant se trouvent exposées les teneurs des divers schistes exploités dans le monde.

	Rendement en huile par tonne de schiste traitée
Ecosse . . . . .	100 l
Autun . . . . .	90 l
Estonie . . . . .	300 l
Utah . . . . .	250 l
Californie . . . . .	200 l
Indiana . . . . .	50 l
Canada . . . . .	170 à 185 l
Brésil — Bahia . . . . .	300 l
Parano, St-Cathérina, Rio Grande do Sul . . . . .	100 à 150 l
Ermelo (torbanite) (Transvaal) . . . . .	450 l
Nouvelle-Galles du Sud (Australie) . . . . .	650 l

## Composition chimique moyenne de divers types de schistes bruts.

	Ecosse	France St-Hilaire	Estonie	Suède		Allemagne Wurtem- berg	Australie	Afrique du Sud	U.S.A. Green River
				Närke	Oland				
Huile % .....	8,5	6,7	20,7	5,5	2,5	4,4	43,8	22,5	9,2
Teneur gal/tonne .....	21,0	16,6	51,5	13,0	6,4	11,5	112	57,7	23,45
Gaz par tonne pieds cubiques .....	—	880	—	—	—	2024	3045	2230	—
Cendres % .....	73,26	—	32,0	73,0	82,0	80,5	29,15	35,6	64,8
Soufre total % .....	1,27	1,2	—	6,8	2,5	7	5,16	—	3,84
Comp. des cendres :									
Si O <sub>2</sub> .....	49,58	45,7	28,8	—	—	40	29,6	—	41,9
Ca O .....	5,6	14,0	42,9	—	—	29	1,4	—	17,6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	27,98	21,0	7,2	—	—	14,6	64,4	—	11,8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	8,96	10,5	6,8	—	—	6,8	3,05	—	—
Mg O .....	2,19	2,5	1,8	—	—	2,0	0,3	—	10,9
S O <sub>3</sub> .....	3,77	3,0	—	—	—	4,8	—	—	—
Autres alcalis et ma- tières indéterminées ..	1,92	3,0	3,6	—	—	2,2	—	—	—

1 gallon = 4,54 litres; 1 tonne anglaise = 1.016 kg; 1 pied cubique = 0,028 m<sup>3</sup>.

## GISEMENTS.

Les gisements de schistes bitumineux varient énormément au point de vue de la puissance des couches et de leurs caractères. Ils se rencontrent à des périodes géologiques très diverses. Les gisements d'Ecosse se trouvent dans le calcaire carbonifère, ceux d'Autun dans le Permien, ceux d'Estonie dans le Silurien inférieur.

La puissance des couches est variable — Ecosse 0,90 à 3 m — Autun 2,57 m — Estonie 0,70 à 2,40 m. Aux Etats-Unis, elle atteint dans certaines zones de 5 à 18 mètres.

Les méthodes d'exploitation sont analogues à celle du charbon. Elles se font par puits ou galeries, à flancs de coteau ou à ciel ouvert.

## TRAITEMENT DES SCHISTES BITUMINEUX.

Le traitement diffère d'après les caractères des schistes bitumineux, les produits qu'on désire obtenir, les conditions géologiques des terrains où sont situés les gisements, les conditions économiques, etc.

## A. — DISTILLATION.

Les différents procédés de distillation peuvent être classés comme suit :

## I. — Procédés de distillation en fours, après broyage préliminaire.

## 1) Chauffage extérieur :

- a) four à cornues verticales à marche continue. four Pumpherson, Scott, Bergh, Rockesholm.
- b) fours horizontaux avec appareils transporteurs. fours Ginot, Industriméthoder.
- c) fours rotatifs — four Hutchin.

## 2) Chauffage intérieur par un gaz inerte :

- a) gazogène à courant de gaz ascendant : four Cattlin.
- b) gazogène à courant d'air descendant : four Wallace.

## II. — Procédés de distillation « in situ ».

Le chauffage est produit :

- a) par l'énergie électrique provenant d'une source thermique ou hydro-électrique;
- b) par chauffage direct basé sur le procédé de gazéification du charbon « in situ ».

## III. — Procédés divers.

La description détaillée des appareils et de la technique de ces méthodes nous entraînerait trop loin. Nous nous bornerons à décrire sommairement quelques appareils des différents types et à exposer les caractéristiques des diverses méthodes.

## I. — Procédés de distillation en fours.

## 1) CHAUFFAGE EXTERIEUR.

## a) Fours à cornues verticales à marche continue.

*Cornue Pumpherson.* — La cornue se compose d'un tube vertical en briques réfractaires de 5,40 m de hauteur, d'un diamètre supérieur de 0,70 m et d'un diamètre inférieur de 0,90 m, où s'opère la carbonisation à haute température (de 700° à 800°C) et le départ de NH<sub>3</sub>. Ce tube est surmonté d'un tube en fonte de 3,30 m de hauteur, où s'effectue la carbonisation à basse température (450°C) et le départ de l'huile. Au-dessus de ce tube se trouve la trémie de chargement (réserve de 24 heures), dans laquelle existe une zone de séchage à 100°C. Les schistes épuisés sont recueillis dans une trémie placée à la partie inférieure en dessous de laquelle se placent les wagonnets.

Les gaz combustibles, après avoir circulé dans les carneaux ménagés dans les parois en briques réfractaires, pénètrent dans le four d'où ils se rendent dans la cheminée (deux pour quatre cornues). Les gaz distillés sont évacués à la partie supérieure, vers les appareils de condensation; une conduite amène de la vapeur dans la trémie des schistes épuisés. La hauteur du gueulard au-dessus du sol est de 20 mètres.

Une unité comprend 4 cornues conjuguées.

Une batterie comprend de 10 à 16 unités, soit 40 à 64 cornues.

Les schistes épuisés contiennent 1,5 à 2 p. c. de carbone. La capacité de traitement d'une cornue est de 3,5 à 4 tonnes par 24 heures.

La vie des cornues est de 15 ans.

#### Principales caractéristiques.

Le but principal est de produire du  $\text{NH}_3$ . L'huile devient un sous-produit. La haute température nécessaire pour la formation de  $\text{NH}_3$  décompose une partie de l'huile.

Le rôle de la vapeur est :

- a) le refroidissement des schistes épuisés et la récupération de la chaleur.
- b) l'uniformisation de la température dans la cornue par la production du brassage;
- c) l'expulsion des vapeurs d'huile de la cornue évitant ainsi leur décomposition par la chaleur;
- d) la réduction des amines à l'état de  $\text{NH}_3$  par H.

En pratique, 60 p. c. de l'azote du schiste est converti en  $\text{NH}_3$ . Le chauffage des cornues se fait par la combustion des gaz de distillation. Parfois, il est nécessaire d'ajouter des gazogènes au charbon pour donner un supplément de gaz de chauffage; c'est le cas d'Autun.

*Cornue Scott.* — C'est une modification de la cornue Pumpherson en vue d'augmenter le rendement par vingt-quatre heures.

Le four Pumpherson est le type du four à chauffage extérieur. Il est utilisé dans de nombreux pays, en Ecosse, à Autun, etc.

De nombreuses variantes existent, notamment en Suède, les fours Bergh et Rockesholm, dont nous donnons ci-après les principales caractéristiques.

*Four Bergh.* — Le chauffage se fait en brûlant du coke de schiste à une température de 800 à 900°C sur une grille, dans une chambre de combustion placée directement sous les cornues. Les gaz provenant de cette combustion, après avoir chauffé les cornues, sont utilisés, avant leur passage à la cheminée, pour le chauffage de chaudières à vapeur, afin de récupérer la plus grande partie de leur chaleur résiduelle. En Suède, la production de vapeur est de 15 tonnes anglaises par heure à une pression de 25 kg par  $\text{cm}^2$ , lorsque le schiste est brûlé à raison de 20 tonnes par heure. Le pouvoir calorifique du coke de schiste (env. 1.200 cal/kg) étant utilisé pour la distillation de l'Oil Gas et pour la production de vapeur, le rendement thermique de ce procédé est très élevé. D'autre part, la séparation complète du gaz de

chauffage d'avec l'Oil Gas présente de grandes difficultés, de sorte que la teneur en huile n'atteint que 80 p. c. de celle obtenue en laboratoire. Chaque four Bergh permet de traiter 500 tonnes de schistes par jour et comprend 1.120 cornues placées en 16 rangées comportant chacune 70 cornues, divisées en 14 batteries; chaque batterie comprend 5 cornues.

*Four Rockesholm.* — Il est basé sur la méthode écossaise. La cornue est chauffée indirectement au moyen de gaz provenant de brûleurs placés en cercle dans la partie inférieure des cornues. Les gaz circulent dans des canaux de briques verticaux et chauffent la partie externe de la cornue. Ils traversent ensuite le surchauffeur et se rendent à la cheminée. De la vapeur est admise à la partie inférieure des cornues et forme, avec le C, du gaz à l'eau.

En Suède, on obtient environ 120  $\text{m}^3$  de gaz par tonne de schiste et le pouvoir calorifique de l'Oil Gas est de 5.000 cal/kg, avec le résultat que cela n'exige que peu ou pas de combustible externe.

Cette méthode produit un mélange d'huile qui est traité pour séparer la partie légère de la partie lourde.

Un four Rockesholm traitant journallement 500 tonnes de schiste comprend 72 cornues.

b) *Fours horizontaux avec appareils transporteurs.*

*Four Industrimethoder.* — Ce type de four, utilisé sur une vaste échelle en Estonie, a donné des résultats satisfaisants.

Il consiste en une chambre de chauffe en forme de tunnel de 60 m de longueur et de 3,50 m de diamètre et de section transversale circulaire. Le schiste broyé en morceaux de plus de 27 mm est chargé dans des chariots spéciaux de 2,50 m de hauteur et de 0,50 m de largeur, qui sont traînés à travers la chambre de chauffe. Celle-ci est revêtue de tuyaux de chauffage traversés par des gaz produits dans trois fours séparés, chauffés au gaz et placés à côté de la chambre.

Les tuyaux sont divisés en trois sections, dans l'une desquelles les gaz de chauffe circulent en sens inverse à celui des deux autres. La température des gaz engendrés dans les trois fours est respectivement de 740°C, 680°C et 580°C et la température à la sortie des trois sections du four est respectivement de 320°C, 400°C et 440°C.

Dans ce procédé, à l'encontre de ce qui se passe dans la méthode Bergh, les produits de combustion ne viennent pas en contact avec l'Oil Gas. Par conséquent l'Oil Gas obtenu est de bien meilleure qualité.

c) *Fours rotatifs.*

*Four Hutchin.* — C'est un four rotatif de 15 m de longueur et de 1,20 m de diamètre. Un rouleau concasseur mobile, placé dans le cylindre rotatif, relève le schiste et l'expose à la chaleur. On déverse le schiste dans une trémie et une vis nourricière étanche fait cheminer le schiste — fin et gros — dans le cylindre en rotation d'un niveau supérieur à un niveau inférieur.

Le gaz de chauffage produit par un gazogène se rend dans une chambre de combustion latérale. Les gaz de distillation sont évacués vers les appareils de condensation.

Les caractères de ce four sont :

- a) le passage au four du menu avec le gros;
- b) l'absence de cracking; la distillation à basse température;
- c) l'absence d'introduction de vapeur surchauffée, donc minimum de  $\text{NH}_3$ ;
- d) le maximum d'huile.

Ce four a un grand rendement d'huile et faible rendement en  $\text{NH}_3$ . Il aurait été employé en Estonie.

## 2) CHAUFFAGE INTERIEUR PAR UN GAZ INERTE.

### a) Gazogènes à courant de gaz ascendant.

*Four Cattlin.* — Est un four vertical chauffé intérieurement par insufflation d'air et de gaz neutre épurés de leurs hydrocarbures venant d'un autre four en allumage. L'air produit la combustion du carbone des schistes épuisés et sa quantité est réglée suivant la température à produire. Lorsque le schiste arrive dans la zone de feu, toute l'huile est distillée.

Il a un diamètre de 3,75 m, une hauteur de 12,60 m, la charge est de 90 tonnes, la capacité de traitement de 940 tonnes par jour. Il a un rendement de 85 p. c. de l'huile contenue dans le schiste; il a été utilisé à Elko (Nevada).

### b) Gazogènes à courant d'air descendant.

La zone de feu est à la partie supérieure; l'huile est aspirée par le dessous et est immédiatement soustraite à l'action du feu. Ce sont là des conditions idéales d'une distillation à basse température.

*Four Wallace.* — A une marche discontinue. Le gazogène est allumé à la partie supérieure de la charge. Le gaz de chauffage est un mélange réglable d'air et de gaz neutre pris à la sortie du dernier Scrubber.

Il est descendant et réglable en air et gaz neutre.

Le four renferme un tube perforé par lequel un exhausteur extrait les gaz à mesure de leur formation. De l'huile se condense dans la charge même, s'écoule par le dessous et rejoint l'huile condensée dans les appareils ordinaires.

## II. — Procédés de distillation des schistes bitumineux par chauffage « in situ ».

Des procédés basés sur ce principe sont utilisés en divers pays. Nous décrivons brièvement les plus importants.

Citons d'abord le procédé *Ljungström* employé en Suède. Il consiste dans le chauffage électrique du schiste « in situ » par des trous de sonde, sans exploitation. Des trous de sonde de 1 1/2 à 2 pouces de diamètre, pour le placement des éléments de chauffage électrique, sont forés dans le schiste au sommet d'hexagones, la distance entre chacun des six trous étant approximativement de 8 pieds. Dans le centre de chaque hexagone, un autre trou

est foré pour l'échappement des produits de distillation; ceux-ci sont recueillis dans un collecteur commun pour se rendre aux appareils de condensation. Nous verrons plus loin comment ce procédé est appliqué en Suède. Pour être utilisé, ce procédé exige une source d'énergie à bas prix et un terrain peu humide.

En Allemagne, on utilise également la distillation « in situ » mais par un procédé entièrement différent du procédé *Ljungström*. La technique allemande est basée sur le procédé souterrain russe pour la gazéification du charbon « in situ ».

Le schiste est chauffé dans un certain nombre de chambres. Deux galeries parallèles sont creusées dans le gisement et reliées entre elles par des galeries transversales de 2 mètres environ de largeur, qui constituent les chambres précitées. Le schiste provenant du creusement de ces galeries et de ces chambres est traité dans des cornues. Des charges explosives placées dans chaque chambre produisent une masse de schistes réduite en morceaux. Les chambres sont ensuite murées à leurs extrémités et mises à feu. Une conduite d'entrée d'air dans l'une des galeries est connectée avec chacune des chambres et une conduite de sortie dans l'autre galerie reliée à l'autre extrémité des chambres recueille les produits de distillation et les amène aux appareils de condensation.

La succion s'opère par un exhausteur électrique. Avant de fermer, le schiste est mis à feu. 86 p. c. de l'huile de schiste se condense dans les conduites de sortie des chambres d'où elle est drainée dans le collecteur. Le restant est condensé à la surface dans des appareils de condensation.

## III. — Procédés divers.

Citons, comme procédés basés sur d'autres principes :

### 1) PROCÉDE MEILER, EMPLOYÉ EN ALLEMAGNE.

Il ressemble à celui employé pour la distillation du bois dans les usines de charbon de bois.

Le schiste broyé est mis en larges piles au-dessus d'une série de conduites de succion.

Le schiste est amené dans le voisinage par des pelles mécaniques, broyé et tamisé. Chaque pile a 125 pieds de long sur 10 pieds de profondeur et 40 pieds de large. Elle contient 1.500 tonnes de schiste. Un peu de tourbe, charbon ou bois, est d'abord allumé au sommet de la pile et les gaz produits sont enlevés dès leur formation par un exhausteur vers une installation de condensation.

### 2) PROCÉDE

#### UTILISANT LA TECHNIQUE DU SOLIDE-FLUIDE.

Une nouvelle technique faisant usage de solides finement divisés tend à prendre une large application dans l'industrie du pétrole et dans d'autres branches des industries chimiques ou métallurgiques.

Cette technique issue des usines de la Standard Oil Co, en développant l'usage largement répandu du procédé de cracking par catalyse fluide, trouve une application potentielle dans tout procédé où des quantités importantes de chaleur sont échan-

gées et où un contact intime entre gaz et solide est recherché. Ces conditions se trouvent réalisées dans le traitement des schistes bitumineux. Mais avant d'aborder la description de cette application, il convient d'exposer les bases sur lesquelles repose cette nouvelle technique.

La technique des solides fluides repose essentiellement sur deux propriétés fondamentales et caractéristiques des solides finement divisés :

1° lorsqu'on introduit dans un gaz des solides convenablement broyés et classés, ils forment un mélange homogène « solide gaz ». Ce « fluide » possède des propriétés semblables à celles des liquides ordinaires, mais sa densité est sujette à variation par simple changement de la proportion du solide dans le gaz et des conditions d'écoulement;

2° un solide pulvérisé, suspendu dans un courant de gaz ascendant à une vitesse relativement basse, formera contrairement à la loi de Stoke, une phase de densité continue qui, par plusieurs aspects, ressemble à un liquide en ébullition.

La première de ces propriétés rend possible la circulation de grandes quantités de solides sans l'emploi de moyens mécaniques et permet ainsi l'usage d'équipement utilisé généralement pour la manipulation et le contrôle des liquides.

La seconde propriété donne les moyens d'effectuer certaines opérations telles que le transport de chaleur dans d'excellentes conditions et permet d'obtenir les temps de réaction requis avec un équipement de grandeur raisonnable.

La technique des solides fluides consiste essentiellement dans l'application de ces propriétés ou de l'une d'elles, c'est-à-dire un système de circulation et une zone dans laquelle une concentration ou « phase dense » de solide est établie ou maintenue dans le but principal d'obtenir la réaction désirée.

#### a) Circulation des solides.

Le système de circulation comprend un tuyau où la chaleur statique du solide qui s'écoule procure par elle-même la pression requise pour cette circulation et une ligne distributrice qui contient un courant de gaz dans lequel se dispersent les solides, le tout dirigé vers une zone de réaction.

Le mélange fluide-solide dans le tuyau est maintenu dans un état de densité relativement forte, de manière à ce qu'une pression statique raisonnable par unité de longueur y soit obtenue. Cependant le mélange de solide, étant compressible, peut atteindre de fortes densités à tel point qu'il pourrait perdre son caractère de fluide. Du gaz est alors ajouté au mélange de manière à maintenir dans le tuyau la densité convenant à son caractère fluide.

Le mélange de gaz solide peut alors être injecté dans un courant de gaz convenable à un endroit quelconque, normalement la zone de réaction. La densité du mélange gaz-solide dans la ligne distributrice est maintenue basse afin de faciliter la circulation des solides. Cette faible densité est obtenue en opérant avec des vitesses de gaz rela-

tivement élevées et en maintenant une proportion faible de solides dans le gaz.

#### b) La couche fluide dense.

Une zone ou couche de forte concentration de solides peut être établie et maintenue en contrôlant simplement la vitesse d'un mélange solide-gaz à un degré relativement bas, par exemple 1 à 3 pieds secondes, dans des conditions telles que les solides tendent à se séparer du gaz. La couche formée sous l'effet de ce phénomène est d'une densité plus ou moins uniforme, mais en état de continue et violente agitation, fait qui favorise le contact du gaz avec les solides et maintient une température uniforme. Une couche fluide de ce type peut être maintenue avec ou sans circulation en dehors de celle-ci. Au cas où la circulation s'effectue, les solides peuvent être amenés à la cornue, soit directement par un tuyau à l'état de forte densité, soit à l'état dilué au moyen d'un courant de gaz.

De même l'enlèvement des solides hors de la couche peut s'effectuer directement au moyen de tuyaux ou par entraînement vers le haut par les gaz.

#### c) Applications.

La combinaison des divers éléments de cette méthode varie avec les applications.

#### d) Le procédé de traitement des schistes bitumineux.

La technique des solides fluides a été appliquée à l'extraction d'huile des schistes bitumineux, application qui comprend essentiellement l'alimentation en matière brute d'une zone de traitement et le maintien de cette zone dans des conditions favorables à l'opération et à une température uniforme. Ce procédé, bien que n'étant pas encore employé sur une échelle commerciale, a été pratiqué favorablement dans une usine pilote par la Standard Oil Development Co. L'application commerciale de ce procédé dépend des conditions économiques dans lesquelles se présentent les gisements de schistes bitumineux.

#### e) Description du procédé.

Le procédé pour récupérer l'huile consiste simplement à chauffer la matière brute et à la maintenir à une température de 700 à 1.000°F pendant 8 à 20 minutes. Dans ces conditions, l'huile évolue presque aussi aisément que la vapeur. Dès lors, le procédé consiste essentiellement en une cornue dans laquelle le schiste est décomposé, un four qui donne la chaleur nécessaire et un système de circulation du solide pour le transfert de la chaleur et de la matière crue et épuisée à la zone et hors de la zone d'opération. La fig. 1 donne une représentation schématique des principales phases d'une usine à échelle commerciale.

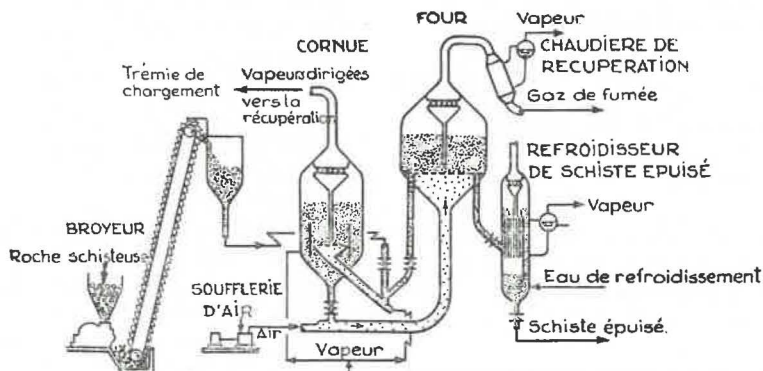
Voici le détail des opérations :

La roche schisteuse, broyée à la grosseur voulue, est chargée dans une trémie d'alimentation d'où elle est dirigée au moyen d'une conduite dans un

courant de schiste épuisé chaud, qui circule du four jusqu'à la cornue.

Le courant combiné du schiste frais et épuisé actuellement à la température du traitement est entraîné par un courant dans la cornue, où un état de forte densité de solides est maintenu, en

L'opération s'effectue à une température de 850 à 1.000°F. Des schistes, dont la teneur en huile est moins élevée que celle des schistes australiens, ont été traités aussi avec succès. Les teneurs de produits obtenus furent moindres, mais étaient en rapport avec les matières premières traitées.



PROCÉDÉ SOLIDE-FLUIDE DE LA STANDARD OIL CO  
(PROCÉDÉ DE DISTILLATION DES SCHISTES)

opérant avec une vitesse de gaz de 1 à 1,5 pieds/seconde. La dimension de la cornue est déterminée de manière à pouvoir transformer le kérogène contenu dans le schiste en vapeurs d'hydrocarbures. Les produits volatils passent de la cornue à l'usine de récupération des divers produits de distillation.

Le schiste épuisé est retiré de la cornue, dépouillé des gaz hydrocarbures par de la vapeur d'eau et injecté dans un courant d'air qui le transporte dans un four où il est brûlé pour fournir la chaleur requise par le procédé. Une partie du schiste épuisé et brûlé retourne dans la cornue comme transporteur de chaleur, tandis que le reste est enlevé et passe au travers d'un refroidisseur pour récupérer la chaleur perdue avant d'être mis au rebut.

La chaleur entraînée par le gaz de combustion est également récupérée avant de se rendre à la cheminée.

#### f) Résultats expérimentaux.

L'application de ce procédé s'exécute dans une usine-pilote, utilisant comme matière première un schiste australien relativement riche, qui contenait 63 p. c. de carbone en poids, 8 p. c. d'hydrogène et 0,7 p. c. de soufre. Tout d'abord un essai préliminaire indiqua que le schiste présentait un état semi-plastique à environ 825°F, d'où résultait une agglomération du schiste épuisé. Cependant dans l'usine-pilote, des couches fluides de schistes purent aisément être maintenues du fait que les opérations de fusion rendent possible le chauffage instantané avec la masse fluide de schiste épuisé et le maintien d'une température extrêmement uniforme dans la zone de traitement.

La quantité d'hydrocarbures extraite d'un schiste donné est principalement fonction des températures de traitement. Les résultats obtenus par l'usine-pilote avec le schiste australien montrent que, lorsqu'on opère à 1.000°F, environ 85 p. c. du carbone et de l'hydrogène du schiste sont récupérés à l'état d'hydrocarbures, tandis que la récupération n'est seulement que de 65 p. c. lorsqu'on opère à 850°F. Des variations de temps de 8 à 10 minutes n'ont pas d'influence notable sur ces résultats. Le traitement du schiste australien donne une huile à haut degré de distillation dont 15 à 25 p. c. étaient de la gazoline et 40 à 45 p. c. d'huile distillant au-dessus de 800°. La densité de l'huile était de 20 à 25° A.P.I. (1) et la teneur en soufre était de 0,5 à 0,7 Wt p. c. (2). La répartition des hydrocarbures dans les produits totaux variait avec la température de traitement, la quantité de gaz augmentant de 4,5 Wt p. c. avec du schiste traité à 850°, jusqu'à 15,2 Wt p. c. avec du schiste traité à 1.000°.

L'huile obtenue est impropre à l'usage, sans opérations subséquentes, à cause de la présence de composés azotés et sulfurés.

Le schiste épuisé est relativement riche en matières charbonneuses.

Son pouvoir calorifique d'environ 4.450 kcal/kg le désigne comme combustible solide.

#### B. — RAFFINAGE.

Les produits obtenus par la distillation sont :  
les eaux ammoniacales;

(1) Mesurée suivant la méthode de l'American Petroleum Institute.

(2) In weight pro cent : en poids pour-cent.



l'huile brute;  
le schiste épuisé.

Le gaz  $\text{NH}_3$  est conduit dans un bain de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  et, après diverses opérations, transformé en sulfate d'ammoniaque. Quant aux opérations de raffinage appliquées à l'huile brute, elles sont analogues à celles subies par le pétrole brut mais sont plus compliquées.

#### Produits obtenus par le raffinage.

1. la benzine;
2. l'huile lampante;
3. l'huile intermédiaire pour gaz d'éclairage et comme combustible pour les moteurs Diesel;
4. les huiles de graissage;
5. la paraffine;
6. le coke de cornues — employé comme combustible et pour la fabrication des électrodes;
7. les goudrons et le mazout;
8. les graisses extraites des huiles.

### UTILISATION DES SCHISTES BITUMINEUX A L'ETAT CRU.

Outre les produits qu'ils donnent par distillation, les schistes bitumineux peuvent être utilisés à l'état cru :

a) comme combustible — cuisson des briques, tuiles, etc., cuisson en meules du calcaire pour la fabrication de la chaux;

b) à l'état pulvérisé — dans les foyers de chaudières à vapeur ou locomotives;

c) à la fabrication de ciment comme combustible et matière première et à la fabrication de noir de fumée au moyen du gaz de schiste bitumineux. Une tonne de schiste bitumineux peut donner 10 kg de noir de fumée. On l'emploie également pour l'huile de flottage et l'asphalte des routes.

Les schistes épuisés peuvent être employés, moyennant préparation, à la fabrication des briques et du ciment. Dans certains schistes, le résidu minéral retient la plus grande partie du carbone fixé sous forme finement divisée. Comme ce carbone est combustible, le schiste peut être utilisé comme tel à condition que la teneur en carbone dépasse 6 p. c.

### SITUATION DE L'INDUSTRIE DES SCHISTES BITUMINEUX DANS LE MONDE.

#### I. Etats-Unis.

De 1916 à 1926, on a constaté aux Etats-Unis un rapide déclin des réserves pétrolifères.

De 1857, date de la découverte du pétrole aux Etats-Unis, jusqu'en 1926, la production mondiale a été de 1.113.000.000 de myrialitres dont 636.000.000 de myrialitres pour les Etats-Unis.

Cette importante contribution des Etats-Unis à la production mondiale du pétrole montre combien un déclin des réserves pétrolifères de ce pays doit avoir une profonde répercussion dans le monde. Cette constatation suscita aux Etats-Unis une vive émotion et on s'appliqua à chercher des remèdes à cette situation.

Il faut observer tout d'abord que l'exploitation des gisements pétrolifères s'exécutait sans aucune méthode scientifique; les gaspillages invraisemblables qu'elle provoquait ne permettaient pas de recueillir plus de 20 p. c. du pétrole contenu dans le sol. On envisagea tout d'abord d'améliorer les conditions d'exploitation pour éviter les pertes, puis on étudia l'emploi du cracking, les méthodes de production d'essence synthétique, l'intensification des recherches pour la découverte de nouveaux gisements et enfin l'utilisation des schistes bitumineux.

Ces deux derniers points ont surtout été retenus et des efforts très sérieux ont été tentés. En 1926, le groupe Standard Oil Co avait déjà dépensé plus de 2.000.000 de dollars pour l'achat de gisements.

C'est vers cette époque que furent introduites aux Etats-Unis les méthodes de prospection géophysique pour la recherche des gisements pétrolifères. Les méthodes gravimétriques et sismiques donnèrent des résultats inespérés. Pour mesurer la révolution produite dans ce domaine par ces nouvelles méthodes, il suffit de citer quelques chiffres.

Au cours des quinze années précédant l'introduction de ces méthodes dans les régions du Texas et de la Louisiane, 4 dômes de sel furent découverts. Depuis l'introduction des méthodes géophysiques, 23 nouveaux dômes ont été découverts en quatre ans.

C'est à ce fait, je crois, qu'il faut attribuer l'intérêt moindre manifesté dans les années suivantes à l'utilisation des schistes bitumineux en Amérique.

Cependant la mécanisation croissante résultant de la guerre produit une demande de plus en plus forte de pétrole et de ses dérivés, tandis que les ressources pétrolifères des Etats-Unis menacent de s'épuiser dans un avenir plus ou moins lointain.

Que la question des réserves pétrolifères préoccupe le gouvernement des Etats-Unis, on s'en rend compte en jetant un coup d'œil sur les statistiques de la production mondiale de ces dernières années.

*Production journalière moyenne en barils de 42 gallons.*

	1945	1946	augmentation
Etats-Unis . . .	4.688	4.740	1,1 %
Venezuela . . .	886	1.066	20 %
Mexique . . .	119	134	12,5 %
Golfe Persique .	430	611	40 %
Total mondial .	6.648	7.047	6 %

On remarquera que, malgré la découverte de nouveaux champs de pétrole pendant la guerre au Texas et dans les Montagnes Rocheuses, l'augmentation de production aux Etats-Unis est faible comparativement à celle du Venezuela et du Golfe Persique. C'est avec raison que le Gouvernement envisage le moment où les ressources feront défaut et il prend dès à présent les mesures qui s'imposent en vue de l'épuisement éventuel

des gisements qui est toutefois encore fort éloigné. Le Bureau des Mines est occupé à développer les techniques de fabrication de produits pétroliers à partir d'autres sources : parmi ces sources se trouvent les gaz naturels. Le pétrole obtenu du gaz naturel par le procédé Fischer-Tropsch aura bientôt sa première application.

Mais c'est surtout après le décret du Congrès américain en 1945 concernant les combustibles liquides, dont deux chapitres sont consacrés à l'exploitation et à l'utilisation des schistes bitumineux, que l'attention s'est portée de nouveau sur cette question.

Bien qu'il ne semble pas économique d'exploiter immédiatement les schistes bitumineux, sur une large échelle, la résolution du Congrès met clairement en évidence qu'il est hautement désirable, pour la sécurité nationale et pour l'autonomie future de la nation, de poursuivre les recherches actuellement commencées.

Le Bureau des Mines concentre son attention sur les travaux d'une nouvelle station de recherche des schistes bitumineux, le « Development Laboratory » à l'Université de Wyoming, et sur les travaux d'une mine de démonstration.

Cette usine, installée par le Bureau des Mines américaines à Riffle (Colorado), au cœur des gisements de schistes des Montagnes Rocheuses, a été inaugurée le 17 mai 1947. On projette de construire plus tard une usine à échelle commerciale, d'après les indications de l'usine de démonstration, pour produire au moins 335.000 gallons imp. d'huile de schiste par jour.

Dans cette usine, des recherches sont poursuivies sur une grande échelle dans toutes les phases des opérations de traitement des schistes bitumineux. L'une des deux mines qui alimentent cette usine permet l'exploitation de schiste de toute teneur, depuis 5 à 80 gallons, ce qui permet des essais dans les cornues de schistes de différentes teneurs.

Dans la seconde mine où est exploité un gisement souterrain d'une capacité de production de 1.500 tonnes par jour, on effectue des déterminations précises de production par homme/jour et l'établissement des prix de revient.

La production qui était de 25 tonnes par homme/jour en 1947 a atteint 40 à 50 tonnes en 1948. Une telle production (dix fois supérieure à celle des mines de charbon) est rendue possible par l'usage, sur une large échelle, de méthodes d'exploitation mécanique soigneusement adaptées aux dépôts de schistes bitumineux de la zone occidentale. Des chambres de 60 à 100 pieds peuvent être aménagées sans danger pour permettre l'usage de pelles électriques Diesel. Dans ces conditions, le schiste peut être exploité à un prix de revient de 50 à 60 cents par tonne. Des broyeurs et des cribles sont prévus pour fournir aux cornues des morceaux de schistes convenablement calibrés.

Des rendements de 85 à 90 p. c. de ceux obtenus en laboratoire ont été actuellement atteints. Les meilleures conditions de distillation d'huile par le

principe du chauffage intérieur ont été déterminées et on prévoit bientôt l'application d'une cornue d'huile de schiste à marche continue.

Dans l'usine-pilote, le Bureau des Mines expérimente une cornue à marche continue et emploie le courant transversal de gaz chaud au travers d'une couche relativement faible de schiste broyé. La Cie de Californie utilise une cornue à chauffage interne avec courant descendant.

Une usine-pilote de la Standard Oil Development subit les modifications nécessaires pour l'adapter au traitement des schistes. Elle utilisera la « fluidized catalyst technique » dont nous avons exposé ci-dessus le principe. Le Bureau des Mines collabore avec les deux compagnies pour poursuivre ces essais.

Des études de raffinage sont entreprises par la « Bureau of Mines Petroleum and Oil Experiment Station » à Laramie (Wyoming) et par différentes autres compagnies à Riffle (Colorado). Des sondages récents ont permis d'évaluer les réserves nationales, dans le Colorado seul, à 200 billions de barils d'huile (en évaluant le rendement des schistes à 15 gallons seulement d'huile par tonne). Ces matières ne sont pas, actuellement, de valeur commerciale. Elles présentent cependant, comme source d'huile, des avantages sérieux. On les rencontre en couches horizontales contenant en moyenne 30 gallons d'huile par tonne, d'une puissance de 70 à 100 pieds et dont l'étendue se prolonge du Colorado dans l'Utah et le Wyoming.

L'exploitation de ces schistes se présente dans des conditions beaucoup plus avantageuses que les couches de houille de puissance dix à vingt fois inférieure.

De plus, les frais de premier établissement et les frais de traitement sont moindres que dans le cas du charbon. Mais les terrains où se trouvent ces réserves sont déserts et situés à 7 ou 8.000 pieds d'altitude. La question du choix de l'emplacement de l'usine est un sérieux problème. Les expériences du Bureau des Mines montrent que l'huile du schiste peut être produite à un prix de revient de 2 à 2,5 dollars par baril, amortissement compris en dix ans sans compter de bénéfice. Le coût de premier établissement d'une installation pour la production d'huile brute est estimé à 2.000 dollars par baril/jour.

Les réserves de schistes bitumineux aux Etats-Unis sont énormes; leur rendement en huile est en général élevé, ce qui rend le prix de revient de l'huile produite relativement bas.

Il y a deux groupes de gisements, les gisements de l'Ouest et ceux de l'Est.

*Champ de l'Ouest* : Colorado-Utah, Wyoming-Californie.

Le gisement se trouve dans l'Eocène; la puissance des couches est de 5 à 18 mètres.

Le rendement en huile est de 80 à 200 litres par tonne; la quantité de sulfate d' $\text{NH}_3$  est de 3 kg par tonne.

Diverses sociétés exploitent ces gisements :

Watson Oil Co — Monarch Oil Shale Co — Union Oil of California, etc.

*Champ de l'Est* : Kentucky, Indiana, Ohio, Nevada.

Kentucky, puissance du gisement : 100 m.

Nevada à Elko, traitement de 100 tonnes par jour, seule usine américaine marchant industriellement en 1926.

## II. Ecosse.

Cette industrie s'implanta dans ce pays en 1781, mais ce n'est qu'au milieu du siècle suivant que les schistes bitumineux écossais prirent une importance commerciale. En 1851, une usine fut installée à Bathgate (West Lothian) pour l'extraction d'huile du boghead et du Cannel coal découverts dans ce district. Le rendement était exceptionnel, 400 à 600 litres par tonne de houille. Mais les réserves de ces couches étaient limitées et, après leur épuisement, on décida d'exploiter les gisements de schistes découverts près de Broxburn et plus tard à West Calder. Ces schistes donnaient des produits semblables et différaient surtout par leur teneur en cendres et leur rendement bien inférieur à celui du boghead, mais la grande abondance et le prix de revient peu élevé permettaient de les exploiter commercialement.

Les gisements se présentent dans les grès calcifères du carbonifère inférieur (Dinantien). Ces exploitations s'étendent sur environ 240 km<sup>2</sup>. Elles sont situées à 25 ou 30 km au Sud et au Sud-Ouest d'Edimbourg avec le Firth of Forth comme limite nord.

Les schistes bitumineux ressemblent aux schistes houillers; ils en diffèrent cependant par quelques caractères physiques. Il y a deux groupes de schistes bitumineux. Le plus développé, celui de West Calder, est situé au-dessus du calcaire qui sert de repère stratigraphique, celui de Pumpherston est à 180 m plus bas.

La première série a une épaisseur de 720 m. Les schistes bitumineux se montrent en couches minces de 0,75 à 3 mètres de puissance, alternant avec des grès plus ou moins calcareux, et accompagnés de nombreuses veines charbonneuses.

Le gîte de Pumpherston comprend cinq veines minces très rapprochées. L'extraction a atteint un maximum de 3 1/2 millions de tonnes en 1913, puis elle a été bloquée par la guerre de 1914 à 1918. En 1919, les compagnies minières ont fusionné sous la dénomination de Scottish Oil Co. Ce trust est contrôlé par l'Anglo Persian Oil Co et le Gouvernement anglais.

Les difficultés économiques ont réduit progressivement la production qui s'élève aujourd'hui à 1 1/4 million de tonnes par an en moyenne. Cette production provient de douze mines et de deux carrières à ciel ouvert. Le schiste brut est traité dans quatre usines pour huile brute et tous les produits sont envoyés à l'usine de raffinage de Pumpherston. Il y a, en outre, des fabriques d'acide sulfurique, une fabrique de bougies et une briqueterie mécanique utilisant les schistes épuisés. La main-d'œuvre comprend en tout 4.000 personnes.

L'exploitation se fait par puits et galeries, chambres et piliers. Les puits de Westwood ont 216 m de profondeur et celui de Burngrange, 140 mètres. Il y a deux exploitations à ciel ouvert et d'autres par puits inclinés sur les affleurements.

L'usine à huile brute de Westwood a été construite au début de la dernière guerre; elle comprend les installations suivantes : préparation mécanique, cornues et condenseurs, récupération de l'ammoniaque et de l'essence, fabrication du sulfate d'ammoniaque, stations génératrices et installation d'épuration d'eau.

Les cornues employées sont du type Pumpherston. Il y a deux batteries de 52 cornues capables de traiter 1.040 tonnes de schistes par jour. La capacité des cornues est de 10 t par jour. On retire en moyenne 90 litres d'huile brute, 16 litres de naphte et 13,5 kg de sulfate d'ammoniaque par tonne.

L'huile et l'essence sont envoyées à l'usine de raffinage par wagons citernes. L'ammoniaque est traité dans un département spécial et transformé en sulfate; la production est de 45 tonnes de sulfate par jour. La fabrication des briques avec le schiste épuisé a été réalisée après de longues et minutieuses recherches. Le schiste brûlé, finement pulvérisé et additionné de chaux éteinte et de lait de chaux, est moulé à la presse mécanique et recuit à la vapeur surchauffée pendant 8 à 9 heures. La production est de 33.000 briques par jour.

Il convient de signaler que le produit principal de la distillation des schistes bitumineux en Ecosse, est le sulfate d'ammoniaque qui sert d'engrais. Tout est organisé en vue d'augmenter la production du sulfate d'ammoniaque.

Une tonne de schiste bitumineux donne les produits suivants :

	densité	litres	kg
benzène . . . . .	0,700 - 0,750	9,2	
huile lampante . . . . .	0,790 - 0,830	28	
huile intermédiaire . . . . .	0,840 - 0,870	22	
huile de graissage . . . . .	0,865 - 0,910	7,5	
paraffine . . . . .			8
coke . . . . .			1,6
sulfate de NH <sub>3</sub> . . . . .			16

### Répartition du prix de revient :

exploitation . . . . .	53 %
distillation . . . . .	19 %
raffinage . . . . .	15 %
prod. (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . . . . .	13 %
	100 %

## III. Canada.

On signale des dépôts de schistes bitumineux dans toutes les provinces canadiennes, notamment à Collingwood, dans l'Ontario, au Nouveau Brunswick et dans la province de Nouvelle-Ecosse.

Les plus importants dépôts se trouvent dans le Nouveau Brunswick; ce schiste est connu sous le nom de « Stellerite » : la puissance est de 1 pouce

à 8 pieds et la teneur en huile de 46 gallons par tonne.

**IV. Afrique du Sud.**

Des dépôts importants de schistes bitumineux existent en Afrique du Sud, notamment au Natal, à Impendhle et Utrecht, et au Transvaal, à Mooifontein et Bloemfontein. Des teneurs de plus de 106 gallons d'huile par tonne ont été signalées.

Les dépôts d'Ermelo ont été exploités sur une vaste échelle depuis 1910 et traités dans des installations qui ont produit en 1940 plus de 3 millions de gallons d'huile de schiste.

**V. Indes et Birmanie.**

Jusqu'en 1922, les seuls dépôts de schistes bitumineux de l'Empire des Indes étaient ceux situés à l'Est du district d'Amherst, Birmanie. Ils sont d'âge tertiaire et contiennent 35 gallons d'huile et donnent 40 livres de sulfate d'ammoniaque par tonne.

D'autres formations du même âge ont été découvertes dans les Etats de Shan.

**VI. Australie. - Nouvelle-Galles du Sud.**

Dépôts de Newnes.

La teneur en huile est élevée et peut dépasser 800 l par tonne. En 1938, les installations de Newnes traitaient, dit-on, 170.000 tonnes de schistes annuellement, dont on extrayait 10.000.000 de gallons (45.000.000 de litres) d'essence de moteur.

On estimait qu'en 1947 la production d'huile de moteur atteindrait 10 millions de gallons pour ce champ seulement.

**VII. Estonie.**

Il y a 150 ans on découvrit, dans le Nord-Est de l'Estonie, un schiste bitumineux connu sous le nom de « Kukersite ».

Il fut d'abord exploité comme combustible. La production d'huile extraite de ce schiste date de 1919, mais un tiers environ du schiste extrait était utilisé comme combustible pour les chemins de fer et les usines.

Le Kukersite est d'âge silurien.

D'importants dépôts sont exploités à Kohtla Järve. La teneur en huile varie de 48 à 86 gallons par tonne. Le traitement de ce schiste est difficile et exige des fours spéciaux.

La production d'huile de schiste ne fit qu'augmenter de 1936 à 1939; elle passa de 300.000 tonnes à 1.700.000 tonnes à cause des efforts des Allemands pour obtenir de l'huile de cette source.

Pendant l'occupation allemande, d'importantes installations furent édifiées. Elles étaient presque terminées lorsque les Russes reconquirent l'Estonie en 1944. Trois nouvelles raffineries sont actuellement en construction pour alimenter Leningrad en gaz par pipe line.

**VIII. France.**

1) *Situation des carburants en 1935.*

Importation de produits pétrolifères :  
± 6.145.000 tonnes dont 2.155.000 tonnes d'essence.

· Production nationale de carburants :

Benzol moteur . . . . .	90.000 t
Gisement de Pechelbron . . . . .	73.000 t
Hydrocarburation . . . . .	15.000 t
Huile de schiste . . . . .	6.000 t
	184.000 t

Pour combler cet énorme déficit, la France doit recourir à des importations qui pèsent lourdement sur sa balance commerciale. L'hydrogénation de la houille ne peut être envisagée avec intérêt. Le pays est importateur de 20 millions de tonnes de charbon (production : 48,5 millions de tonnes, consommation : 70 millions de tonnes).

L'emploi de ce procédé ne contribuerait donc pas à réduire les importations, aussi est-il plus logique d'exploiter les richesses nationales que constituent les schistes bitumineux. Les pouvoirs publics semblent l'avoir compris en protégeant et en cherchant à développer l'industrie des schistes bitumineux en France.

Cette industrie est plus que séculaire en France. Elle a pris naissance à Autun et ne s'y est maintenue que grâce à la protection des pouvoirs publics.

Les gisements de schistes bitumineux s'y rencontrent dans le Permien. Celui-ci et le calcaire carbonifère remplissent une vaste cuvette dont les bords sont constitués par des tufs avec couches d'antracites, des granulites ou des gneiss.

C'est la société lyonnaise des schistes bitumineux qui exploite les gisements. La distillation se fait dans les cornues Pumpherson.

La puissance des couches est de 2,37 m.

Quant au rendement, 1 tonne de schiste donne 90 l d'huile brute ou :

	<i>kg ou l</i>
benzine brute . . . . .	5
huile lampante . . . . .	20
huile lourde . . . . .	10
goudron . . . . .	35
paraffine . . . . .	3

La couche de torbanite, située comme en Ecosse en tête du gisement, est épuisée.

A St-Hilaire (Allier) les couches bitumineuses sont également permienues et alternent avec des couches de houilles; les couches exploitées ont une puissance de 1,80 m et l'extraction est de 500 tonnes par jour.

Une usine-pilote est en marche depuis 1938. Elle traite environ 80 tonnes de schiste par jour. La teneur est de 75 litres d'huile par tonne.

Récemment, une installation à grande échelle basée sur les résultats de l'usine-pilote a été mise en marche. Elle traite 1.000 tonnes de schiste par jour.

2) *Pyroschistes de l'Aveyron* (1945).

De grands travaux sont en cours à Severac le Château (Aveyron). Une importante usine est en construction. Elle devait entrer en activité durant l'année 1946 et est destinée à la carbonisation, par four tournant système Petit, des pyroschistes qui abondent dans cette région et dont les prospections sont faites depuis longtemps. Ces pyroschistes sont d'âge toarcien et peuvent se suivre sans discontinuité depuis Mende jusqu'au Sud de Tournemire. Severac se trouve juste sur la partie médiane et les schistes constituent la presque totalité de la montagne qui s'étend au Sud de la voie ferrée. L'exploitation peut se faire presque entièrement à ciel ouvert.

Le seul point noir de l'entreprise réside dans la teneur relativement faible des pyroschistes; il ne faut pas compter sur des rendements supérieurs à 45 litres par tonne de roche; il est vrai qu'il y aura en quelque sorte compensation par le bas prix de leur extraction en carrière.

On se propose surtout l'obtention de lubrifiants car des essais très poussés effectués dans l'usine-pilote de Grenoble ont donné des résultats que l'on dit magnifiques.

D'autres gisements, qui ne sont pas ou peu explorés, existent en France. Nous citons ci-après les principaux.

3) *Pyroschistes préhouillers*.

Il existe des assises dévoniennes nettement bitumineuses, mais aucune étude sérieuse n'a été entreprise.

4) *Pyroschistes houillers*.

a) Boson — les assises renfermant des couches de houille passent insensiblement au Permien et des couches de schistes bitumineux apparaissent localement. Il y eut trois concessions minières — diverses périodes d'activité succèdent à des temps d'arrêt — de pyroschistes très riches (250 à 400 l par tonne). Ces gisements n'ont pas été étudiés.

b) Faymoreau — aux abords des couches de houille, on a découvert des pyroschistes fort intéressants (120-130 l à la tonne). Il y aurait intérêt à étudier ce gisement.

c) Vendes — une concession de schistes bitumineux est superposée à une concession houillère — un tonnage important serait exploitable à ciel ouvert.

5) *Pyroschistes liasiques*.

On les recherche dans les marnes toarciennes. La teneur en huile est 50 à 60 l par tonne.

Puissance considérable des terrains liasiques depuis les Ardennes jusqu'à Belfort, Jura, Massif Central.

a) Franche-Comté, Creveney, trois concessions. Ces concessions renfermeraient 5 millions de tonnes de schistes. La société des schistes et pétroles de Franche-Comté, qui a entrepris les premières réalisations, avait cessé ses exploitations en 1935.

Les pyroschistes toarciens sont également connus à Besançon, à Bolandoz, à Lodz (anciennes

concessions de Mouthier toutes situées dans le Doubs).

b) Jura — à Couliège, Revigny, St-Amour, etc. il n'y a guère de travaux de démonstration.

c) Plateau Central — sur tout le pourtour du massif montagneux on retrouve les terrains liasiques. Le toarcien paraît surtout développé au Nord et au Sud.

On connaît en divers points du Cher, notamment à St-Amand, des assises oléifères; de même au Sud de Mende et vers Tournemire.

Des fouilles ont eu lieu dans la vallée du Lot aboutissant à des épaisseurs de 10 à 12 cm de pyroschistes, de teneur un peu plus élevée que les schistes franc-comtois.

6) *Pyroschistes jurassiques*.

Dans les monts du Jura, on a rencontré au milieu des calcaires lithoniques des pyroschistes tout particuliers, de couleur claire; ils ressemblent davantage aux roches calcaires qu'aux schistes et ont une odeur désagréable; ils furent exploités jadis pour l'huile d'éclairage; par carbonisation, on en retire des produits insecticides et médicaux (ichtyol); les gisements sont peu étudiés. Le rendement est 8 à 10 p. c.

7) *Pyroschistes tertiaires*.

a) Manosque — On rencontre, localisée entre deux faisceaux charbonneux, une forte épaisseur de schistes (180 m) dans laquelle de nombreuses veines sont bitumineuses. Le rendement en huile s'élève de 60 à 140 litres.

Les trois concessions sont — Bois d'Asson, Grenouilles et Beau Regard.

Le bassin de Notre-Dame d'Ubaye a été négligé, bien qu'on ait démontré l'existence de 3 millions de tonnes de schistes pétroligènes.

b) Auvergne — Les deux petits gisements de pyroschistes miocènes se trouvent à Menat et à La Boutaresse.

8) *Conclusions*.

Des ressources considérables existent mais ne peuvent encore être chiffrées.

D'après M. Charrin, en France, on est à la veille de la mise en œuvre de richesses hier encore méconnues. L'industrie extractive des schistes prendra peut-être une extension plus grande que l'industrie houillère et les besoins futurs en carburant seront surtout couverts par les pyroschistes, non seulement en France mais dans le monde entier.

## IX. Suède.

En Suède, les premiers essais pour utiliser les schistes bitumineux pour la production d'huile remontent à 1863. Le blocus durant la première guerre favorisa de nouvelles recherches. Bien que les résultats des prospections ne fussent guère encourageants, les recherches continuèrent après 1918 et une usine expérimentale fut construite à Kinnekulle en 1923. Cette usine fut reprise par l'Etat en 1932. En raison des résultats obtenus, on projeta d'en augmenter la capacité en 1939. Mais le blocus devenant de plus en plus sévère,

l'extension de cette usine ne pouvait remédier à la déficience des importations. En 1941, fut fondée la « Swedish Oil Co Ltd » qui construisit l'usine de Närkes Kvarntorp; elle fut mise en marche en avril 1942.

Les schistes alunifères qui sont la principale source d'huile de schiste se trouvent dans trois provinces, Närke, Västergötland et Ostergötland. D'importants dépôts existent au voisinage de la Baltique dans la province de Skåne et dans l'île d'Osland, mais, dans une grande partie de ces gisements, l'huile s'est volatilisée à cause de la chaleur produite par des éruptions volcaniques et des mouvements sismiques.

Dans l'Ostergötland, les couches de recouvrement sont malheureusement très puissantes.

Les schistes de Västergötland sont en partie impropres à l'extraction de l'huile à cause de la présence de laves basaltiques.

Les schistes qui conviennent le mieux pour la production d'huile se trouvent dans la partie sud-est de Närke.

Les dépôts de schistes comprennent deux couches séparées ayant chacune 8 m d'épaisseur et contenant des inclusions sphériques et lenticulaires de calcaire bitumineux.

L'usine de Närke Kvarntorp est située à 20 km au Sud d'Orebro et à 8 km à l'Est de Kumba, pas loin de la ligne du chemin de fer Gothembourg-Hallsberg-Stockholm.

Les conditions locales sont favorables, car le schiste est riche en huile et le recouvrement est peu épais. La composition varie d'après la situation et la profondeur de l'exploitation. L'analyse suivante représente une moyenne :

SiO <sub>2</sub>	. . . . .	42 à 46
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	. . . . .	12,5 à 14
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	. . . . .	8 à 9
Mg O	. . . . .	environ 1
Ca O	. . . . .	environ 1
K <sub>2</sub> O	. . . . .	environ 4
Na <sub>2</sub> O	. . . . .	environ 0,5
Hydrogène	. . . . .	2
Soufre	. . . . .	7
Humidité	. . . . .	environ 73
Cendres	. . . . .	environ 73
Pouvoir calorifique	. . . . .	environ 2.200 kcal/kg

L'usine de Närke-Kvarntorp pour le traitement des schistes bitumineux comprend trois fours Bergh, ayant une capacité totale de traitement de 1.750 tonnes de schiste par four, deux fours Industrimethoder, un four Rockesholm ayant une capacité de traitement journalier de 500 tonnes de schiste.

En tenant compte des pertes, 4.350 tonnes de schistes doivent être chargées journalièrement. Le schiste est abattu au moyen d'explosifs (55 g par tonne) et chargé sur des wagonnets spéciaux contenant chacun 8 à 10 tonnes. Il est soumis à un broyage préliminaire dans un concasseur à mâchoires d'une capacité de 200 tonnes par heure. En dessous se trouve un simple broyeur à cylindres. Le schiste est ensuite amené par un trans-

porteur à courroie à une installation de triage, où le calcaire bitumineux est enlevé à la main pour que la matière livrée au broyeur fin ne contienne pas plus de 2 p. c. de calcaire bitumineux. Ce broyeur à deux marteaux traite 100 tonnes de schiste par heure. Le schiste, broyé à grosseur convenable, est amené par transporteur à courroie à une installation de cribles située au-dessus de 10 silos. Il est classé à la grosseur requise par chacun des fours. Chaque silo contient 1.000 tonnes de schiste broyé. Celui-ci est amené aux fours par des transporteurs à courroie.

Outre cette installation pour le traitement des schistes bitumineux, on emploie la méthode de distillation du schiste « in situ » du Dr Ing. Ljungström, dont nous avons donné ci-dessus une brève description. Voici quelques détails sur la manière dont elle est appliquée ici.

Comme nous l'avons dit, le champ de schistes est d'abord divisé en hexagones réguliers. Un tuyau est enfoncé jusqu'à la base de la couche schisteuse, à chaque sommet de l'hexagone des éléments de résistance de chauffage électrique sont introduits dans les tuyaux et un tuyau pour extraire le gaz riche est enfoncé au centre de chaque hexagone.

La distance entre les trous de chauffage varie de 2 à 2,20 m. Etant donné la structure foliacée du schiste, le gaz distillé s'écoule en sens horizontal, depuis les sondages jusqu'au centre des hexagones.

La terre et les couches calcareuses produisent un isolement thermique. Le champ de schiste est successivement chauffé en appliquant le courant aux différents éléments en temps utile. Après une certaine période de mise en marche, la chaleur se propage bientôt des éléments aux schistes et l'on obtient un flux uniforme de gaz, qui dure environ 125 jours. Le courant à 132 kV est abaissé à 22 kV et la tension est portée à 152 volts au moyen de transformateurs qui peuvent voyager à travers le champ. A 152 volts, les éléments débitent un courant de 88 ampères. La consommation exigée pendant 125 jours et nécessaire pour la distillation des gaz est de 40.000 kWh. La production d'huile de schiste est estimée à environ 6,5 m<sup>3</sup> par trou de chauffage et la consommation d'énergie peut être évaluée, par conséquent, à 6 kWh par litre d'huile.

Cette méthode évite les frais d'abattage et de transport du schiste, ainsi que les frais de broyage, cribles et fours, mais, d'autre part, il y a les frais de sondages et d'équipement électrique. Les frais de premier établissement sont diminués; les prix de revient dépendent de la consommation d'énergie et du prix de l'énergie électrique. Cette méthode n'est pas applicable, si l'on ne dispose pas d'une source d'énergie électrique convenable.

Il faut 1 m<sup>3</sup> de gaz riche pour produire 1 litre d'huile de schiste; le pouvoir calorifique du gaz est de 9.000 cal/kg. Après condensation de l'huile, le gaz conserve une chaleur potentielle qui peut être utilisée pour la production de l'énergie électrique. On peut obtenir ainsi le tiers de l'énergie nécessaire.

Pourvu qu'il n'y ait pas trop d'infiltration entre les couches de schistes et que les pertes de chaleur ne soient pas excessives, la méthode Ljungström peut être regardée comme pouvant rivaliser avec les procédés de traitement dans les fours. On prévoit que le champ actuellement exploité produira 25.000 m<sup>3</sup> d'huile. Si les réserves d'énergie électrique sont suffisantes, ce champ pourra s'étendre à peu de frais pour donner 30.000 m<sup>3</sup> d'huile. L'usine de condensation comprend des condenseurs à air froid d'un type spécial; deux fractions sont obtenues, une huile lourde d'un poids spécifique de 0,92, et une fraction légère de 0,78.

La quantité totale de gaz pyrolitique produit par l'usine de condensation est d'environ 300.000 m<sup>3</sup> par four. Ce gaz contenant environ 20 p. c. d'hydrogène sulfuré passe du gazogène à trois installations de désulfuration, où du soufre élémentaire est récupéré. Après ces divers traitements, le gaz contient encore quelques hydrocarbures volatils sous la forme de « gaz petrol » qui contient 70 p. c. d'hydrocarbures distillant à des températures en dessous de 100°C. Bien que relativement riche en S (bisulfure de C et composés sulfurés organiques), il est suffisamment léger pour être utilisé comme matière première pour la production de carburant pour l'aviation.

Le gaz, privé de soufre et de pétrole, est employé à l'éclairage de la ville d'Orebro et comme combustible dans les fours Industrimethoder et Rockesholm; le reste sert à alimenter l'installation de production d'énergie et de vapeur, équipée de trois chaudières à vapeur chauffées au gaz et de turbines qui fournissent à l'installation de schistes bitumineux l'énergie électrique et la vapeur à la pression de 2,5 à 10 kg par cm<sup>2</sup>.

L'installation entière consomme 60 tonnes de vapeur et environ 3.500 kWh d'énergie électrique.

Une capacité d'environ 11.000 kW est disponible mais n'est pas suffisante pour fournir la quantité totale d'énergie réclamée par l'installation Ljungstrom pour la production d'huile de schiste « in situ ».

Le gaz employé actuellement contient des quantités considérables (environ 10.000 tonnes par an) d'hydrocarbures contenant 3 ou 4 atomes de carbone par molécule. Une installation spéciale est prévue pour récupérer ces hydrocarbures par lavage sous pression. Les produits récupérés seront vendus comme combustibles, pour l'industrie et les usages domestiques, et comme matières premières pour les usines de produits chimiques organiques.

La production annuelle d'huile de schiste à Kvarntorp est estimée à environ 80.000 m<sup>3</sup>, y compris 10.000 m<sup>3</sup> de « gaz petrol ».

L'huile de schiste proprement dite est pompée dans une installation où elle est soumise à un traitement approprié pour produire une huile distillant en dessous de 230°C. Le résidu, qui a un pouvoir calorifique de 10.000 calories, peut être utilisé directement comme « fuel oil ». Les fractions d'huile obtenues par distillation ainsi que le

« gaz petrol » sont raffinés et redistillés pour la production d'huile et de kérozène destinés à servir de carburants pour moteur.

Il n'est pas possible de faire une comparaison entre les quatre méthodes décrites ci-dessus. La capacité de production est en faveur des fours Industrimethoder et Rockesholm, mais les fours Bergh offrent les plus grandes possibilités de développement. La meilleure qualité d'huile de schiste s'obtient par le procédé Ljungström. On ne sait si cette comparaison se confirmera à l'avenir.

On peut assurer que la combinaison des fours employés à présent est favorable au point de vue du capital, de la production, des sources de chaleur et d'énergie fournies à l'installation.

Si l'on considère les grandes possibilités d'extraire des huiles de première qualité des schistes bitumineux et la récupération éventuelle de sous-produits convenables et si, d'autre part, le schiste épuisé est utilisé pour la fabrication de matériaux de construction et probablement pour la récupération de potassium, aluminium et vanadium, on estime que la réduction du prix de revient rendra rémunérateurs le traitement et l'exploitation des schistes bitumineux suédois.

Le terrain chauffé par les moyens indiqués dans la méthode de chauffage « in situ » ne se refroidit que lentement; il sert à la culture des légumes.

Certains dépôts de schistes bitumineux noirs et pyriteux contiennent d'appréciables quantités d'uranium. Cette importante découverte range la Suède au troisième rang des détenteurs de source potentielle d'uranium. Des recherches intensives sont effectuées dans ce pays pour rechercher les moyens d'utiliser les schistes comme source d'énergie atomique. Un comité atomique suédois composé de dix savants a déjà proposé au Gouvernement de créer une société, dont le capital serait souscrit par l'Etat et les industriels, pour la construction d'une usine expérimentale. Certains dépôts de schistes bitumineux noirs et pyriteux contiennent d'appréciables quantités d'uranium.

## X. Grand-Duché de Luxembourg et Belgique.

Les schistes bitumineux du Grand-Duché de Luxembourg, connus sous le nom de schistes à Posidonies à cause de la présence par endroits d'un fossile, *Posidonya Bronni*, appartiennent au Lias supérieur ou Taorcien. Ils se rencontrent à la surface ou à faible profondeur sur une superficie de 80 à 90 km<sup>2</sup> environ dans les cantons d'Esch et de Capellen. A l'Ouest, ils dépassent la frontière belgo-luxembourgeoise vers Athus et Aubange. Ces schistes font partie d'une vaste formation qui s'étend en France dans la région de Mont-St-Martin près de Sedan, dans la Franche-Comté, dans les départements de la Lozère et de l'Aveyron entre la Loire et l'Allier, au seuil du Poitou, dans le bassin de l'Aquitaine, et en Normandie, donc tout autour du bassin de Paris.

En Allemagne, on les retrouve le long de l'Alpe de Souabe et de l'Alpe de Franconie et également en Allemagne septentrionale, mais c'est surtout dans le Wurtemberg qu'ils sont le mieux déve-

loppés et que le problème de leur mise en valeur a préoccupé les esprits depuis longtemps. Quant au Grand-Duché de Luxembourg, étant donné que seule une exploitation à ciel ouvert viendrait en ligne de compte, une grande partie du gisement se trouverait soustraite à une utilisation industrielle, par suite du fait que le terrain est occupé par des usines, des gares, des villes ou des villages. Ailleurs, le recouvrement des assises les plus riches est trop considérable.

En Belgique, le gisement de schiste à Posidonies se rencontre à Athus, Aubange et Ruette. En 1844, une usine fut construite pour la distillation du schiste de la région. Elle fut arrêtée en 1849, car on ne parvenait pas, par les méthodes imparfaites de raffinage employées à cette époque, à enlever aux huiles leur odeur pénétrante. La distillation du schiste durait 18 heures; une tonne de schiste produisait 12,5 l d'huile brute. En 1870, une demande en concession des schistes bitumineux fut présentée à l'Administration des Mines. Elle n'eut aucune suite.

Trois puits ont été creusés sur le territoire d'Athus. Voici les conclusions auxquelles sont arrivés MM. Asselberghs et Mertens, qui avaient fait creuser ces puits :

« Les recherches faites nous permettent de conclure à l'existence, dans le sous-sol d'Aubange et d'Athus, d'une couche de schistes bitumineux dont l'épaisseur est supérieure à 3 mètres mais ne peut dépasser 7 mètres. »

M. Faber, qui a entrepris et poursuivi des recherches très poussées en vue de la possibilité de l'exploitation industrielle de ces gisements, est arrivé à cette conclusion que, à moins que le pays ne soit obligé d'employer ses propres ressources, cette exploitation n'est pas possible à cause de la concurrence des huiles de naphtes et des carburants synthétiques. Le grand obstacle qui s'oppose à la mise en valeur de ces gisements est leur pauvreté en bitume. Le prix de revient de l'huile brute est trop élevé.

#### XI. Espagne.

Divers gisements de schistes bitumineux ont été découverts en Espagne, notamment à Grenade, à Rubielos de Mora (Castellon) et à Mora (Teruel). Une usine de distillation était en construction en 1946 pour traiter les schistes de Puerto Llano.

#### XII. Portugal.

Des couches de schistes bitumineux d'âge liasique inférieur y ont été découvertes.

#### XIII. Italie.

Dans les Alpes, dans le Nord de l'Italie, à Besano, au Sud du Lac de Lugano, de nombreuses couches de schistes bitumineux ont été découvertes dans le Trias alpin, dont on a extrait une faible quantité d'huile connue localement sous le nom d'« Ichthyol » ou huile de poisson, utilisée pour usages pharmaceutiques.

On a également trouvé des dépôts de schistes bitumineux dans le Trias supérieur, dans le Tyrol autrichien, et dans le Crétacé, dans le Trentin.

De puissantes couches de schistes bitumineux ont été signalées en diverses parties de la Sicile. Ils seraient d'âge éocène.

#### XIV. Tchécoslovaquie.

Des couches de schistes bitumineux d'âge permien existent dans le bassin houiller de Kladno en Bohême.

Ces schistes sont exploités avec les couches de charbon sous-jacentes; ils sont de pauvre qualité et utilisés dans l'industrie du verre et pour la fabrication du gaz.

#### XV. U. R. S. S.

Les principaux gisements de schistes bitumineux d'U.R.S.S. sont situés le long de la Volga et dans le district de Leningrad. D'autres sont connus dans les provinces de Kuibyshev, Saratov et Gorki et dans les républiques de Kuvassch et Tatar.

Peu de progrès ont été faits dans le développement commercial des dépôts de schistes bitumineux russes jusqu'en 1928; mais en 1938, la production a augmenté jusqu'à 562.100 tonnes métriques. Elle atteignit 4 millions de tonnes en 1942. Il est possible que cette forte production soit due à la translation des installations de distillation d'Estonie en Russie, après l'occupation de ce pays par les Russes.

#### XVI. Turquie.

D'importants dépôts de schistes bitumineux ont été découverts près d'Ankara et dans les régions nord-ouest et ouest du pays.

#### XVII. Bulgarie.

Des dépôts de schistes bitumineux contenant 18 à 55 gallons d'huile par tonne ont été découverts en Bulgarie près de Breznik dans le centre houiller bulgare. Le Ministre du Commerce étudie les méthodes les plus appropriées pour extraire la gazoline de ces schistes.

#### XVIII. Allemagne.

Il existe d'importants dépôts de schistes bitumineux de basse teneur en huile, spécialement dans le Wurtemberg. D'autres sont connus à Messel en Hesse, Bavière, Baden et les provinces rhénanes. Les couches de schiste du Wurtemberg se trouvent dans le Lias supérieur avec intercalation de calcaires. Leur puissance est de 28 à 70 pieds avec un recouvrement d'argile imperméable, absolument nécessaire pour la distillation « in situ ».

Une installation de four a été construite à Frommern (Wurtemberg) pour distiller 1.100 t de schiste et produire environ 40 tonnes d'huile journalièrement; la teneur moyenne d'huile est de 4 à 5 p. c.

Les Allemands ont mis en œuvre quelques nouveaux procédés dont nous avons décrit plus haut le principe.



Dans le Wurtemberg, on fait usage du procédé par distillation « in situ ».

Jusqu'ici la quantité d'huile obtenue est très faible, elle n'atteint que 800 gallons par jour pour 220 tonnes de schistes traités. Des expériences complémentaires doivent être faites avant qu'on puisse considérer ce procédé comme utilisable commercialement.

Dans le district de Balingen près de Dotternhausen, on utilise le procédé Meiler.

### XIX. Mandchourie.

Il y a de vastes dépôts de schistes bitumineux en Mandchourie. Le schiste est de pauvre qualité, mais il a été enlevé pour atteindre les dépôts de charbon exploitables qui se trouvent en dessous. Il est possible de les utiliser commercialement. En 1945, la production annuelle d'huile de schiste avait atteint plus de 3 1/2 millions de barils.

### XX. Brésil.

Les principaux dépôts de schistes bitumineux sont situés près de l'Inferno River dans la région de Codo.

Les schistes bitumineux trouvés sur la côte d'Alaboas appartiennent à l'Eocène et contiennent 26 à 38 gallons d'huile par tonne.

Les dépôts d'« Olyoca » au Sud de la vallée Jucu donnent une teneur d'environ 100 gallons d'huile par tonne; il y a dix ans ils étaient considérés comme les dépôts de schistes bitumineux les plus riches du monde en huile.

Une usine de traitement de ces schistes fut mise en marche en 1943, près de Sao-Paulo, pour les besoins locaux en huile et l'alimentation en huile Diesel des trains de chemin de fer du Brésil Central.

### XXI. Congo.

Il existe peu de renseignements au sujet des gisements de schistes bitumineux du Congo, car nous ne connaissons qu'une seule publication traitant de cette question. C'est une étude de M. Passau sur les gisements de schistes bitumineux de Stanleyville. Nous donnons ci-après les renseignements que nous avons pu obtenir de sources diverses.

#### 1) *Argilites bitumineuses du Bas Kasai Kwango.*

L'existence de roches bitumineuses dans la région de M'Po est connue depuis assez longtemps.

D'après M. Dartevelle qui a étudié cette région, on doit attribuer à ces couches un âge beaucoup plus ancien que celui qui leur était assigné. Il est parvenu, par des échanges de vues avec des géologues portugais, à assimiler ces couches bitumineuses à celles situées en Angola.

Elles auraient une extension notable. Leur âge serait triasique ou permien. Elles contiennent un pourcentage important de soufre sous forme de pyrite, marcassites, etc.

#### 2) *Roches bitumineuses du bas-fleuve et du Mayumbe occidental.*

Les couches de la région littorale, à l'Ouest des Monts de Cristal, présentent des affleurements de

roches bitumineuses, des suintements d'hydrocarbures semi-liquides et des asphaltes dont l'existence a été signalée depuis longtemps.

Mais l'attention n'avait pas été attirée vers ces gisements, alors qu'en Angola et en Afrique Equatoriale Française, où ces dépôts présentent un développement plus grand, des recherches systématiques avaient été entreprises.

M. Dartevelle a pu démontrer la continuité des couches bitumineuses; il a prouvé que les gisements connus du Congo se reliaient en réalité à ceux de l'Afrique Equatoriale Française, d'une part, et de l'Angola, d'autre part, et cette constatation lui a permis d'attirer l'attention sur leur intérêt économique probable.

Une campagne de prospection systématique se poursuivit, dirigée par un géologue très compétent, l'ingénieur Hoffman, de Strasbourg. Les résultats de cette prospection et ceux obtenus par M. Dartevelle permettent de dégager les grandes lignes de la géologie de la région.

Les roches imprégnées sont marines, à l'exception des grès sublittoraux qui ont une origine lagunaire et forment la base de la série sédimentaire de la région littorale. Elles sont d'âge très divers allant du Jurassique supérieur (grès sublittoraux) au Crétacé supérieur (calcaires de Pointe Noire). Au fur et à mesure que l'on avance en profondeur, les couches les plus anciennes sont en général les plus imprégnées et les plus riches.

Souvent, en effet, les couches en affleurement ne montrent qu'une imprégnation par des bitumes éventés, polymérisés et oxydés, quelquefois même il n'en reste que des traces sous formes de particules charbonneuses.

#### 3) *Schistes bitumineux de la région de Stanleyville.*

Ces gisements ont fait l'objet d'une étude de M. Passau, parue dans les Annales de la Société géologique de Belgique, annexe au Tome XLV, année 1923 sous le titre « La géologie du bassin de schistes bitumineux de Stanleyville ».

Il résulte de cette étude :

1<sup>o</sup> que les schistes bitumineux se rencontrent dans les couches de roches tendres de la région de Stanleyville et Ponthierville, qui constituent un facies lacustre du système Lualaba-Lubilache (facies argileux de l'Est ou facies du Lualaba).

Dans ces couches on distingue de bas en haut : une zone gréseuse avec conglomérat à la base et couches bitumineuses au sommet — une zone d'argilites et de schistes verts renfermant les couches bitumineuses les plus riches en huile, les plus puissantes, les plus nombreuses et les plus étendues — une zone d'argilites rouges avec couches bitumineuses — et enfin, une zone gréseuse avec couches bitumineuses à la base.

Les deux zones inférieures ont une grande extension au Nord-Est et à l'Est du Lualaba, et surtout au Sud-Est de Ponthierville.

La zone des argilites rouges et les argilites vertes de la deuxième zone ne dépassent guère la rive

droite du Lualaba; elles sont coincées par les couches inférieures qui se relèvent et la zone gréseuse supérieure qui reste sensiblement horizontale. Par contre, elles s'étendent loin vers l'Ouest de la région qui nous occupe.

A la limite du bassin des schistes bitumineux, dans les régions nord-est et sud-est et à l'est du Lualaba et dans la région sud suivant le fleuve, on voit les roches des deux zones intérieures changer de nature lithologique, le conglomérat de base à petits éléments passe au conglomérat à blocs erratiques, tandis que l'argilite graphiteuse de faible puissance se substitue aux argilites vertes et grises renfermant les couches bitumineuses.

On passe du facies lacustre au facies glaciaire du système Lualaba-Lubilache (facies du Lualaba).

2° les couches de roches tendres pendent faiblement vers la région centrale du bassin et en allure générale elles plongent vers le centre du bassin du Congo. Ces roches sont d'âge Juro-triasique.

3° les couches reposent dans cette région sur un substratum de roches dures appartenant en majeure partie au système du Kundelungu (permien) légèrement disloqué. Ce substratum s'élève graduellement de l'Ouest à l'Est depuis le Lualaba. Il présente une région d'affaissement à l'intérieur du coude du Lualaba dans la région centrale.

4) Couches bitumineuses.

a) Nombre et description des couches.

1° les couches bitumineuses du bassin ne sont pas localisées exclusivement dans une des trois zones distinguées dans le complexe des roches tendres et sensiblement horizontales de la région; au contraire, on en a découvert en affleurement et traversé par sondages dans la zone du grès tendre de base, dans la zone des argilites vertes, dans la zone des argilites rouges et à la base de la zone gréseuse supérieure.

2° l'étude des affleurements a révélé l'existence de onze couches qui sont en partant du haut :

- 10 et 11. 2 couches au Klm 108. Zone gréseuse supérieure;
- 9. le schiste au Klm 25. Zone des argilites rouges;
- 7 et 8. les deux schistes de l'Usengwé. Zone des argilites rouges;
- 6. argilite de la Loso. Zone des argilites vertes et grises;
- 5. le schiste de Waniakipanga. Zone des argilites vertes et grises;
- 4. le schiste « Minjaro-Kewe ». Zone des argilites vertes et grises;
- 3. le schiste « lime fine ». Zone des argilites vertes et grises;
- 2. le schiste de l'Oviatoku. Zone gréseuse inférieure.
- 1. le grès bitumineux de l'Oviatoku. Zone gréseuse inférieure.

3° la puissance des couches est variable : d'après les résultats des sondages, la puissance moyenne est pour les couches principales :

schiste de l'Usengwe	1,50 m
argilite de la Loso	0,87 m
schiste « Minjaro »	2,00 m

schiste « lime fine »	2,50 m
schiste de l'Oviatoku	2,50 m
grès de l'Oviatoku	0,70 m

b) Teneur en huile.

De l'étude des résultats des analyses faites au point de vue du rendement en huile de schiste des couches bitumineuses, il résulte que la teneur en huile dans une même couche varie en verticale et paraît en relation directe avec la nature lithologique également variable en verticale. Dans le sens horizontal la teneur en huile varie également.

Les couches bitumineuses de la région étudiée sont des formations sapropéliennes nettement caractérisées; leur composition chimique est en rapport direct avec la plus ou moins grande quantité d'organismes animaux qui s'y sont trouvés à la période de sédimentation.

Cette variation doit être probablement attribuée à la genèse du gisement; en effet, les couches bitumineuses sont les plus riches en huile là où elles correspondent aux hauts fonds de la bordure du Lac Lualabien.

Il semble qu'il y ait eu jadis une vaste lagune occupant la région comprise entre Stanleyville, Lubutu et Kilindi.

c) Données chimiques.

D'après l'Institut Meurice, voici les résultats moyens donnés d'après l'analyse de sept échantillons de provenances diverses. Schiste — densité 182.

Rendement en huile 152,7 l par tonne.

Résidu minéral 64,79 p. c.

Sulfate d'ammoniaque 8,730 K/t.

Carbone fixe 2,73 p. c.

Produits obtenus à la distillation fractionnée.

T°	D <sup>ts</sup>	Rend <sup>t</sup>	
0° à 80°	0,740	3,70	} essence 12,65 %
80° à 100°	0,755	6,25	
100° à 120°	0,770	2,70	
120° à 140°	0,752	4,15	} huile lampante 29,55 %
140° à 160°	0,805	5,80	
160° à 180°	0,820	6,15	
180° à 200°	0,845	7,15	
200° à 220°	0,860	6,30	
220° à 240°	0,882	7,10	} huile de graissage 24,30 %
240° à 260°	0,905	7,10	
260° à 280°	0,910	10,10	
280° à 300°	0,915	11,15	} huile verte à paraffine 22,30 %
300° à 360°	0,900	11,15	

Résidu par différence : brai 11,20 %

Remarquons que cette étude date de 1923. Nous ignorons si d'autres recherches effectuées depuis cette date ont permis d'en infirmer ou d'en confirmer les conclusions.

Il n'est donné aucune idée de l'étendue des terrains où l'on rencontre les schistes bitumineux. Elle semble être considérable.

Douze sondages ont été forés dans la partie centrale des bassins. Il ne semble pas que, d'après ces sondages, on puisse se faire une idée suffisamment nette de ces gisements; l'étude chimique semble incomplète, puisqu'elle ne porte que sur

la moyenne de sept échantillons. Elle demanderait à être poursuivie d'une manière systématique.

### CONCLUSIONS.

De cet aperçu rapide sur les conditions dans lesquelles se présente le problème des schistes bitumineux dans les divers pays, que peut-on conclure ?

1<sup>o</sup> Tout d'abord, une constatation s'impose : les réserves énormes de schistes bitumineux existant dans le monde. Ces réserves, dont seulement une très petite partie a été explorée, n'ont à quelques exceptions près qu'une teneur assez faible en huile et ne peuvent, dans l'état actuel des choses, donner lieu à une exploitation rémunératrice si l'on base leur traitement uniquement sur ce faible rendement.

2<sup>o</sup> Cet obstacle d'ordre économique est dû à la concurrence qu'opposent, aux huiles de schiste, les huiles provenant des gisements pétrolifères. Cet obstacle pourrait disparaître si ceux-ci venaient à s'épuiser. Cette éventualité, si elle n'est pas prochaine, doit cependant être envisagée; c'est pourquoi plusieurs pays, comme les Etats-Unis, semblent attacher une aussi grande importance à l'étude des schistes bitumineux.

3<sup>o</sup> Néanmoins, dans les conditions économiques actuelles, certains gisements peuvent être exploités avec profit, à condition que la production d'huile de schiste soit protégée par les pouvoirs publics, comme à Autun et en Ecosse, ou bien que les sous-produits de la distillation deviennent une telle source de profit, qu'ils puissent être considérés comme les produits principaux, et l'huile de schiste au contraire, comme sous-produit.

Remarquons, dans le premier cas, que les gouvernements n'accordent pas volontiers leur protection à la production d'huile de schiste, à moins de circonstances spéciales. L'importation des huiles de pétrole est, en effet, pour l'Etat une source de revenus importants.

Les conditions économiques particulières aux divers pays jouent un rôle très important dans le profit qu'on peut retirer de l'exploitation des schistes bitumineux.

Il faut donc tenir compte de très nombreux facteurs dans l'étude de ces questions : étude des frais, de l'exploitation des couches, de l'étendue et de la nature du gisement — étude chimique des schistes bitumineux — nature des produits obtenus — traitement à leur appliquer — prix de revient du traitement — étude économique au point de vue de l'écoulement des produits — frais de premier établissement — étude financière.

4<sup>o</sup> Ceci nous amène à nous demander si la distillation des schistes bitumineux du Congo est économiquement possible. Pour répondre à cette question, une étude très approfondie des divers facteurs énumérés plus haut s'impose, en tout premier lieu un examen sérieux de l'étendue, de la puissance, de la composition des gisements et des conditions d'exploitation, ainsi que l'étude chimique très approfondie des schistes et des produits susceptibles d'être fournis par distillation.

Après ces études, viendront celle des questions économiques, financières, etc. Si les résultats de cet examen se révèlent intéressants, on pourra envisager l'installation d'une usine-pilote, à l'endroit et dans les conditions indiqués par les études.

### BIBLIOGRAPHIE

1. Vié, G. — L'industrie des schistes bitumineux en France. — *Génie civil*. — 15 octobre 1946.
2. Vié, G. — Les récentes recherches de pétrole en France. — *Génie civil*. — 15 mars 1947.  
— Exploitation des schistes bitumineux aux Etats-Unis. — *Mining Technology*. — Novembre 1947.
3. Passau, G. — La géologie du bassin des schistes bitumineux de Stanleyville. — *Annales de la Société Géologique de Belgique, publication spéciale relative au Congo belge*. — Année 1921-1922.
4. Gavin, M.-J. — L'industrie des schistes bitumineux. — *Engineering and Mining Journal*. — 28 janvier 1928.
5. Shatwell, Nash et Graham. — Schistes bitumineux du Somerset. — *The Colliery Guardian*. — 2 janvier 1925.  
— Les schistes bitumineux dans l'Union de l'Afrique du Sud. — *Engineering and Mining Journal*. — 1<sup>er</sup> janvier 1927.
6. Demaret, Léon. — Les gisements, l'exploitation et la distillation des schistes bitumineux. — *Bull. St<sup>e</sup> Belge Ingénieurs et Industriels*. — Tome VI, n<sup>o</sup> 1, janvier 1926.  
— *Financial Times* - 8 nov. 1944. — *Svenska Dagbladet* - 25 févr. 1949.
7. I.N.A. — Organe bimensuel de l'Académie des sciences de l'Ingénieur, n<sup>o</sup> 6, 1948. — Rapport annuel.  
— Schistes bitumineux dans le nord de la Caroline. — *Eng. and Mining Journal*. — 29 janv. 1927.  
— Study of shale oil from shale in Würtemberg. — F.I.A.T. final report, n<sup>o</sup> 447, Oct. 1945.  
— Oil from other Sources. — *Mining and Metallurgy*. — Févr. 1947.  
— Carbonisation des pyroschistes de l'Aveyron. — *Industrie chimique*, 1945.  
— Shale Oil. — *The Engineer*. — 21 déc. 1945.
8. Ridell, Guy-C. — The oil shale industry. — *Eng. and Mining Journal*. — 25 déc. 1926.
9. Cadman, W.-H. — The Oil shale deposits of the World and recent developments in their exploitation and utilization. — May 1947. — *Journal of the Institute of Petroleum*. — Feb. 1948, Vol. 34.  
— Les utilisations des schistes bitumineux. — *Neue Zürcher Zeitung*. — 27 Nov. 1948.
10. Schroeder, W.-C. — Comparison of major processes for synthetic liquid fuels. — *Chemical Industries*. — Avril 1948.
11. Faber, Gustave. — Recherches en vue de la possibilité d'une exploitation industrielle des schistes bitumineux du Toarcien dans le Grand-Duché de Luxembourg. — *Publications du Service géologique du Grand-Duché de Luxembourg*. — Vol. III.
12. Murphree, E., Gohr, E.J. and Kaulaker, A.F. — The fluid solids technique applications in the petroleum industry. — *Journal of petroleum Institute*. — 1947, p. 608.  
— Exploitations et distillation des schistes bitumineux d'Ecosse. — *Annales des Mines de Belgique*. — Bruxelles, 1947-1948, 2<sup>me</sup> livraison.
13. Stewart. — The shale oil industry of Scotland. — *Economic Geology*. — 1908.

14. Brunschweig. — Note sur la situation des schistes bitumineux en France. — *Annales des Mines*. — Paris, 1924.
15. Asselberghs et Mertens. — Les schistes bitumineux du Luxembourg. — *Annales des Mines*. — Bruxelles, 1933.
16. Guillaume. — Les gisements de schistes bitumineux du bas Luxembourg sont-ils exploitables? — *Revue Universelle des Mines*. — 1936.
17. Berthelot, Ch. — Le traitement des schistes bitumineux en France - L'usine de St-Hilaire. — *Génie Civil*. — Août 1956.
18. Berthelot, Ch. — Les schistes bitumineux en Mandchourie. — *Chimie et Industrie*. — Janvier 1942.
19. Werner, D. — The development of the shale industry during last year. — *Teknisk Tidsskrift*. — 1942.
20. Schwartz. — The Shale oil work at Kwarntorp. — *Teknisk Tidsskrift*. — 1945, p. 1215.
21. Salmon, Pierre. — La production de l'énergie en France. - Conférence tenue à La Haye en 1947. — *Rapport sur l'économie de l'énergie publié par le Bureau Mondial de l'Energie*, 36, Kingstonsway, London.
22. Schjanberg, E. — Occurrence and production of oil shale. — *Published by the Central Office of the World Power Conference*, 201/202, Grand Building, Trafalgar Square, London.
23. — Progress of mining studies at Bureau of Mines Oil shales Rifle Colorado — *Mining Technology*. — Novembre 1947.

### SAMENVATTING

*De voortdurende stijging van de petroleumvoortbrengst veroorzaakt door de uitbreiding van het gebruik van vloeibare brandstoffen, heeft onrust verwekt in zekere voortbrengende landen. De stijging dezer voortbrengst is zodanig, dat men vreest binnen afzienbare tijd een uitputting der petroleumlagen te bereiken. Zekere voorzorgsmaatregelen werden in dit vooruitzicht reeds genomen. Onder deze maatregelen komen onder meer voor de ontginning en de benutting van bitumineuse schiefer.*

*In Congo treft men uitgestrekte lagen bitumineuse schiefer aan, die tot nu toe nog niet het voorwerp geweest zijn van een grondige studie.*

*Nochtans schijnt het ogenblik gekomen, om de aandacht te trekken op deze natuurlijke rijkdommen onzer Kolonie.*

*Deze studie heeft tot doel, het belang van hun ontginning te doen uitschijnen.*

*Na een algemene uiteenzetting over deze kwestie wordt een overzicht gegeven van de toestand van de nijverheid der bitumineuse schiefers in de wereld.*

*Uit dit onderzoek der voorwaarden waarin het probleem der bitumineuse schiefers in de verschillende landen zich voordoet, trekt schrijver zekere besluiten.*

*Dit brengt hem tot de vraag of de destillatie van bitumineuse schiefer in Congo, economisch mogelijk is. Het antwoord op deze vraag kan slechts gegeven worden na een grondige studie, waarvan hij het programma uitstippelt.*