

Les Mines.

Généralités géologiques et statistiques sur les bassins houillers d'Ecosse. — Les houilles du calcaire carbonifère et les schistes pétrolifères du Lothian.

Les deux communications de M. CADELL, que nous avons seulement signalées dans notre premier article, constituent une étude stratigraphique approfondie de la contrée qui s'étend aux environs de la ville d'Edimbourg, c'est-à-dire du Lothian ouest et du Lothian central (*West & Mid-Lothian*).

Cette étude, très consciencieuse, est fort instructive pour les personnes qui auraient intérêt à connaître tout particulièrement cette région; mais elle est aussi très étendue. Nous nous contenterons de l'analyser dans ses parties qui ont un intérêt plus général, de façon à donner une idée des ressources minérales de cette région, renvoyant pour les détails au travail original.

Nous croyons utile de faire précéder cette analyse de quelques généralités sur l'Ecosse et notamment sur ses bassins houillers.

GÉNÉRALITÉS SUR LES BASSINS D'ECOSSE

Dans sa constitution physique, au point de vue tant géologique qu'orographique, l'Ecosse se compose de deux massifs anciens de hautes terres, les *Highlands* au Nord et les *Uplands* au Sud, formés de roches métamorphiques, cambriennes et surtout siluriennes, et séparés par une dépression remplie de roches, relativement plus récentes, des formations dévoniennes et carbonifères. Les formations crétacées et tertiaires sont assez peu représentées. Par contre, de nombreux massifs plutoniques sont disséminés dans tout le pays.

La susdite dépression, parallèle aux deux grandes lignes de soulèvements qui forment les hautes terres et notamment à celle dite des *Grampian mountains* qui traverse les Highlands diagonalement du Sud-Ouest au Nord-Est, occupe la partie rétrécie du pays, située entre l'estuaire du Forth à l'Est, et celui de la Clyde à l'Ouest.

C'est là que se trouvent les principales richesses minérales de l'Ecosse

et notamment celles en charbons et en huiles minérales. C'est aussi de beaucoup la partie la plus active et la plus peuplée, ayant à chacune de ses extrémités, respectivement sur les deux estuaires signalés, les grandes et belles villes d'Edimbourg et de Glasgow.

Les bassins houillers d'Ecosse fournissent environ 1/7^{me} de la production totale du Royaume-Uni. Voici, d'après les statistiques des inspecteurs des mines, les chiffres de la production en tonnes anglaises (1,016 kilog.), des cinq dernières années du XIX^e siècle :

	PRODUCTION	
	de l'Ecosse.	du Royaume-Uni tout entier.
1896	28,327,000	195,361,000
1897	29,083,000	205,130,000
1898	30,237,000	202,055,000
1899	31,143,000	220,085,000
1900	33,112,000	225,170,000

En 1901, la production a été :

Pour l'Ecosse, de 32,796,510 tonnes.

Pour la totalité du Royaume-Uni, de. 219,037,240 id.

La production en schistes bitumineux ou pétrolifères a été, en 1900, de 2,280,000 tonnes, représentant une valeur de 14,750,000 francs.

La production a atteint le chiffre de 2,350,000 tonnes, en 1901.

Considérées d'une façon générale, les formations houillères de l'Ecosse ne constituent qu'un seul bassin, occupant *grosso modo* le milieu de la dépression dont nous venons de parler.

Mais, par suite des mouvements géologiques nombreux dont cette contrée a été l'objet à diverses époques, par suite aussi d'accidents géographiques, tel l'estuaire du Forth, cette grande formation s'est divisée en un assez grand nombre de bassins plus ou moins séparés et d'importance fort diverse, dont les six principaux sont :

Le bassin de la Clyde ;

- » d'Ayrshire ;
- » de Clackmannan ;
- » de Fifeshire ;
- » des Lothian et d'Haddington ;
- » de Lesmahago.

Le tableau suivant donne, par comtés, la production, la valeur totale et la valeur à la tonne des charbons en 1900 :

COMTÉS	EXTRACTION — (Tonnes anglaises)	VALEUR TOTALE — (Livres st.)	VALEUR, DE LA TONNE — (Sh.)
Argyll et Dumfries	155,589	79,091	10.2
Ayr	4,042,509	2,054,942	10.2
Clackmannan	424,696	233,583	11.0
Dumbarton	535,981	301,489	11.3
Edimbourg	1,329,495	731,222	11.0
Fife	5,419,373	2,980,655	11.0
Haddington	464,755	255,615	11.0
Kinross	35,762	21,319	11.0
Lanark	17,174,247	9,445,835	11.0
Linlithgow	1,184,092	651,251	11.0
Peebles	650	357	11.0
Renfrew	13,104	6,224	9.6
Stirling	2,322,676	1,290,949	11.1
Sutherland	6,175	3,396	11.0
TOTAUX	33,112,104	18,055,928	10.11

Réduits en mesures métriques, ces chiffres deviennent :

Production : 33,642,000 tonnes de 1000 kilos;

Valeur : 451,400,000 francs;

Valeur moyenne de la tonne de 1000 kilos : 13-50 fr. environ.

La population ouvrière occupée à l'exploitation de ces mines de houille a été :

Au fond 85,132 ouvriers

A la surface 18,675 »

Total 103,807 »

L'effet utile annuel a donc été, par ouvrier du fond, de 395 tonnes de 1,000 kilog.; et, par ouvrier du fond et du jour, de 324 tonnes.

A titre de comparaison, rappelons qu'en Belgique les chiffres correspondants de l'effet utile ont été respectivement, pendant la même année 1900, de 234 et 173 tonnes.

En 1901, la production des mines de houille de l'Ecosse a été, comme il a été dit plus haut, de 32,796,510 tonnes anglaises, soit de 33,311,000 tonnes de 1,000 kilog.

Le nombre d'ouvriers a été :

Au fond 88,448

A la surface 19,509

Total 107,957

L'effet utile a donc été, en 1901, un peu moindre qu'en 1900, soit de 377 tonnes (de 1,000 kilog.) par ouvrier du fond et 309 tonnes par ouvrier du fond et du jour.

Le faisceau houiller exploitable et exploité en Ecosse se compose de deux groupes distincts. L'un, le plus important, est constitué par le terrain houiller proprement dit, par ce que l'on appelle plus spécialement en Angleterre les *coal measures*, qui correspondent à l'étage dit *westphalien* ou à l'étage *houiller avec houille*.

Ce groupe de couches, qui a pour limite inférieure le grès poudingiforme appelé *millstone grit*, donne lieu aux exploitations les plus considérables. Les couches ont de 0^m60 à 1^m80 de puissance et se rencontrent généralement en plateaux à inclinaison faible et relativement régulières, mais interrompues par des failles assez nombreuses et des éruptions de matières ignées.

Mais là ne s'arrête pas la richesse minérale de la formation carbonifère. Sous ce grès et après quelques bancs de calcaires se retrouvent des couches exploitables d'excellente qualité, accompagnées de plusieurs bancs de minerais de fer qui ont donné lieu à d'importantes industries.

Ce n'est pas tout encore : sous ce faisceau inférieur se développent, dans certaines parties de l'Ecosse, une succession de couches de schistes bitumineux (*oil shales*), qui sont exploitées pour les huiles minérales qu'elles contiennent.

Ajoutons, pour être complet sur la série carbonifère, que sous ces schistes bitumineux se trouvent encore des assises importantes mais ne contenant, cette fois, plus de substances minérales utilisables sinon comme matériaux de construction.

Dans la contrée au Sud de la ville d'Edimbourg, ces assises sont les suivantes : 500 mètres environ de schistes quartzeux dits *Wardie shales*; puis, plus bas, les grès dits de *Craigleith* et de *Granton*, soit 4 à 500 mètres environ; puis une certaine épaisseur de roches volcaniques interstratifiées qui forment le rocher connu à Edimbourg sous le nom d'*Arthur Seat*, et enfin, des marnes verdâtres, des schistes, du grès et des conglomérats rougeâtres reposant sur le *vieux grès rouge* dévonien supérieur.

Les communications de M. Cadell concernent spécialement les deux étages inférieurs du carbonifère exploitable, qui se rencontrent dans le West et Mid-Lothian, à savoir : les couches de houille et de minerais de fer intercalées dans les calcaires sous le *Millstone grit* et les schistes pétrolifères sous-jacents. Nous allons les analyser successivement :

LES COUCHES DU CALCAIRE CARBONIFÈRE.

Le bassin du West-Lothian a pour limite Nord l'estuaire du Forth, sous les eaux duquel les exploitations ont été poussées, près de la

ville de Borrowstounness ou Bo 'ness. Il s'étend sur une vingtaine de kilomètres dans la direction du Sud, jusqu'au delà de Blackburn.

Le gisement est surtout important dans les environs mêmes de Bo'ness où le faisceau se montre au complet. Plus au Sud des interstratifications de roches ignées et volcaniques, que l'on trouve déjà au Nord et qui caractérisent cette région, deviennent plus nombreuses, au détriment des stratifications carbonifères et des couches de houille elles-mêmes. Il en résulte de grandes différences dans la composition des gisements, d'où certaines difficultés pour la synonymie des couches. Le travail de M. Cadell a précisément pour but d'établir la synonymie entre les couches exploitées à Bo'ness et celles exploitées plus au Sud, à Bathgate et à Blackburn.

Ce faisceau carbonifère a pour terme supérieur un banc de calcaire appelé *calcaire de Levenseat*, qui est immédiatement sous-jacent au *Millstone Grit*, et, pour terme inférieur, le *Calcaire de Hurlet*, parfois accompagné d'une couche de houille dont le charbon est généralement de qualité médiocre. Le calcaire de Hurlet forme l'horizon séparatif de ce faisceau avec celui sous-jacent qui contient les couches pétrolifères et dont nous parlerons plus loin.

L'épaisseur de la stampe entre le calcaire de Levenseat et le calcaire de Hurlet varie de 550 à 650 mètres.

Le faisceau principal des couches exploitées se trouve vers le milieu de cette stampe, encadré par six bancs de calcaires, trois au dessus et trois en dessous. Les trois bancs de dessus sont, en descendant dans la série, successivement le calcaire de *Levenseat*, le calcaire de *Dykeneuk* et le calcaire *Indee* (*Indee limestone*). Les trois bancs inférieurs sont ceux de *Carriden*, de *Hosie* et enfin de *Hurlet*.

Le gisement minier dont nous nous occupons ne constitue pas à proprement parler un bassin; c'est plutôt un bord de bassin dont les assises inférieures affleurent à l'Est dans le Lothian et qui plonge à l'Ouest sous le Millstone grit et sous l'étage houiller du grand bassin de la Clyde. Les stratifications ont une direction sensiblement Nord-Sud.

Nous nous contenterons dans le présent compte-rendu, de faire connaître la composition de ce gisement là où il est le plus riche et le plus complet, c'est-à-dire dans la région de Bo'ness, où deux charbonnages importants sont en exploitation, celui de *Kinneil* à l'Ouest, exploitant les couches supérieures de la série, et celui de *Bridgeness* à l'est, exploitant les couches inférieures. Voici, résumée d'après le travail de M. Cadell, la coupe du haut en bas des terrains dont il s'agit, avec les épaisseurs des stamper en partant du calcaire de Levenseat, qui forme, avons-nous dit, la base du Millstone grit.

MILLSTONE GRIT

CALCAIRE CARBONIFÈRE

		Profondeur depuis le calcaire de Levenseat.	Épaisseur des couches de houille.	
		Mètres.	Mètres.	
DIVISION SUPÉRIEURE	}	Calcaire de Craigenbuck ou de Levenseat	»	
		Grès et schistes.	»	
		Calcaire de Dykeneuk ou Calmy	180	»
		Grès et schistes avec couches de roches volcaniques et quelques couches munies de houille. . .	»	»
		Calcaire Index (1 mètre environ d'épaisseur)	210	»
		Roches diverses y compris 18 m. de trapp en 2 bancs :		
		Splint coal seam	250	0.85
		Corbiehall c. s.	266	0.75
		Banc supérieur de <i>minerai de fer</i>	285	
		Seven feet c. s.	287	1.35
DIVISION MOYENNE AVEC HOUILLE.	}	Grès et schistes avec 4 layettes de charbon et 2 bancs de trapp d'épaisseur variable.		
		Wester main c. s. en plusieurs sillons.	338	2.40
		Trapp	»	»
		Wandering c. s.	376	variable
		Trapp et grès.		
		Red c. s.	412	0.90
		Fire-clay c. s.	420	inexpl.
		Banc inférieur de <i>minerai de fer</i>	443	»
		Parrot c. s.	445	0.60
		Six feet c. s.	447	1.50
DIVISION INFÉRIEURE.	}	Easter main c. s.	462	1.20
		Schistes et banc de trapp.		
		Smithy c. s.	490	0.90
		Calcaire de Carriden (0 ^m 80). . .	517	0.90
		Id. du Hosie (0 ^m 90).	547	»
	Id. de Hurlet.	600	»	
		Épaisseur du charbon exploitable. 10.45		

Voici, en partant de la couche inférieure et en remontant la série, c'est-à-dire en allant de l'Est à l'Ouest, quelques indications sur les diverses couches.

Smithy coal seam. — Cette couche donne un bon charbon à coke, mais elle est souvent impure et les terrains encaissants sont mauvais, ce qui fait qu'elle n'est pas exploitable partout. Elle est exploitée à 310 mètres de profondeur à Kinneil. Elle ne l'est plus dans la région Est.

Voici la composition du charbon de cette couche :

Eau	2.80
Matières volatiles	30.53
Soufre	1.20
Charbon fixe	62.37
Cendres	3.10
	<hr/>
	100.00

La tonne produit 250 mètres cubes de gaz d'un pouvoir éclairant de 17 bougies.

M. Cadell rapporte à propos de cette couche un fait assez curieux qui s'est produit en 1896, lors du revidage d'un ancien puits.

Ce puits, qui avait été creusé jusqu'à *Smithy*, était rempli d'eau jusqu'à une vingtaine de mètres au dessus de *Easter Main*. En sondant, on trouva le fond du puits quelques pieds au dessous de cette dernière couche.

On se crut naturellement autorisé à croire que les anciens avaient comblé les 30 mètres de puits qui séparent les deux veines, et, après avoir pompé les eaux, on procéda au revidage.

Mais lorsqu'on fut arrivé au niveau de la couche *Easter Main*, le fond du puits céda tout d'un coup et l'on trouva les 30 mètres restants absolument vides et secs.

Il n'y eut heureusement aucun accident, mais les ouvriers coururent un grand danger.

L'explication de ce fait bizarre ne tarda pas à être trouvée. A la profondeur de la couche *Easter Main Coal* un éboulement s'était produit, et, comme le puits était très étroit, les débris s'archoutèrent l'un contre l'autre, et peu à peu, de menus débris s'y ajoutant, et le tout séjournant en cet endroit un demi-siècle dans une eau très calcaire, les terres se soudèrent et formèrent un bouchon hermétique.

Plus tard des travaux pratiqués par un autre puits se portèrent dans ce voisinage et occasionnèrent des fissures par où s'échappèrent

les eaux qui emplissaient le fond de l'ancien puits. L'eau fut remplacée ensuite petit à petit par de l'air plus ou moins pur pénétrant par les mêmes fissures.

Easter Main c. s. — C'est une des meilleures de la contrée; aussi a-t-elle été l'objet depuis longtemps d'exploitations; elles étaient déjà très étendues au XVIII^e siècle.

A l'heure actuelle il ne reste plus à exploiter que sous le Forth.

Son épaisseur varie de 1^m00 à 1^m30; elle a un toit excellent.

La composition de son charbon est la suivante :

Eau	1.60
Matières volatiles	31.21
Soufre	0.52
Charbon fixe	65.09
Cendres	1.58
	<hr/>
	100.00

Une tonne de 1,000 kilos produit 665 kilos de coke d'excellente qualité et 300 mètres cubes de gaz d'un pouvoir éclairant de 18 bougies,

La couche **Six feet** est formée de plusieurs banes de bon charbon, mais séparés par de nombreux sillons terreux qui la rendent souvent d'une exploitation peu avantageuse et nécessitent, en tout cas, un lavage et un nettoyage soignés.

La couche **Parrot**, très voisine de la précédente était, il y a un demi-siècle, une des plus importantes du bassin.

Les banes de *minerais de fer carbonaté* qui l'accompagnent ont été pendant longtemps exploités en même temps et ont approvisionné de minerai des hauts-fourneaux aujourd'hui disparus.

Actuellement, on ne déhouille plus, sous le Forth, qu'une laie de cette couche, qui est formée d'un excellent charbon à gaz (*cannel coal*).

Voici la composition de ce *cannel coal*, telle qu'elle était il y a un quart de siècle :

Eau	1.35
Matières volatiles	43.08
Soufre	1.47
Charbon fixe	49.70
Cendres	4.40
	<hr/>
	100.00

Dans les parties de couche exploitées aujourd'hui la proportion de matière volatiles n'est que de 33 %.

Red c. s. — Comme la précédente cette couche n'est plus exploitée que sous le Forth.

Sa puissance est de 0^m90 environ ; le toit est très solide.

Elle a cependant donné lieu, il y a quelques années, à un coup d'eau qu'on a cru être une invasion de la mer. Il a été reconnu dans la suite que cette eau provenait d'anciens travaux qu'on est parvenu à démerger presque complètement.

Cette couche est surmontée d'importants bancs de grès et de trapp.

Wandering. — Comme son nom l'indique, cette couche, intercalée dans des bancs de trapp, a un caractère très variable ; à cause de cette irrégularité, les efforts qui ont été faits pour l'exploiter ont été accomplis en pure perte, aussi n'a-t-elle qu'un intérêt purement géologique.

Wester Main c. s. — Située également entre des bancs de roches volcaniques, cette couche est la plus puissante de la région ; malheureusement, elle ne se maintient telle que sur de faibles étendues ; ailleurs le charbon est remplacé par des schistes bitumineux.

Les parties exploitables paraissent avoir été entièrement épuisées par les anciens. Des affaisements importants prouvent que le déhouillement a été pratiqué sur une grande échelle.

Seven feet c. s. — On exploitait autrefois cette veine avec le *minerai de fer* qui l'accompagne. Aujourd'hui on n'exploite plus que la couche elle-même, qui donne un charbon à vapeur de qualité moyenne.

L'existence des couches **Corbiehall** et **Splint** est reconnue, mais elles ne sont pas encore actuellement mises en exploitation, dans le West-Lothian.

On voit par cet exposé que, pour l'estimation de la valeur pratique de ce gisement, il faut beaucoup rabattre de l'épaisseur en charbon exploitable donnée plus haut dans la coupe générale.

LES SCHISTES PÉTROLIFÈRES

Le pétrole ne s'obtient pas en Ecosse, comme dans d'autres pays, plus favorisés sous ce rapport, en de vastes réservoirs souterrains d'où il suffit d'un trou de sonde pour le faire jaillir abondamment à l'état liquide et pour ainsi dire prêt à être utilisé. Il se présente ici en

imprégnations dans des bancs de schistes d'épaisseur restreinte qu'il faut arracher de la roche comme le charbon, transporter à la surface et soumettre ensuite à la distillation.

Aussi, fait observer M. Cadell, n'est-ce qu'à force d'ingéniosité et d'habileté technique que l'ingénieur écossais a pu parvenir à conserver à cette industrie une prospérité relative, malgré la concurrence formidable de l'étranger.

Géologiquement, le gisement pétrolifère est situé en dessous de l'étage que nous venons d'étudier et a pour horizon supérieur le même calcaire *Hurlet* qui sert de base au calcaire carbonifère. La puissance moyenne est 900 mètres environ jusqu'aux schistes et grès de *Wardie* que nous avons déjà mentionnés et qui forment une des assises inférieures du terrain carbonifère. Vers le milieu de son épaisseur, l'étage pétrolifère présente un horizon caractéristique : ce sont les *grès de Binny*, en bancs épais, très reconnaissables et exploités en maints endroits comme matériaux de construction. Ils ont servi notamment à l'édification de la plupart des monuments d'Edimbourg.

Plus bas se trouve un banc de calcaire formant également horizon et en dessous duquel, dans la plus grande partie de la contrée, il n'y a plus de couches pétrolifères, c'est le calcaire de *Burdiehouse*.

En un endroit seulement, vers le centre de la région, dans les environs de *Pumpherstons*, il se développe sous ce calcaire une couche pétrolifère; c'est la couche dite de *Pumpherstons*, qui repose directement sur les schistes de *Wardie*.

Vers le milieu de la stampe comprise entre le calcaire de *Hurlet* et les grès de *Binny*, se rencontre une couche de houille dite *Houston* c. s., qui n'est guère exploitable mais qui constitue un horizon.

Les couches de schistes bitumineux, dites *oil shales* ou simplement *shales*, sont au nombre de six. Elles ont des épaisseurs très variables, depuis 0^m60 jusqu'à 3 mètres et même 4^m50.

Les *shales* sont de couleur brun foncé; ils se distinguent, par une consistance plus grande et une plus grande résistance aux influences atmosphériques, des schistes charbonneux qui les accompagnent et qui sont connus dans le pays sous le nom de *blaes*. Les *blaes* sont généralement friables et se désagrègent rapidement au contact de l'air.

Les *shales* ont l'aspect d'un vieux bois de chêne. Ils sont tendres, compacts et flexibles; ils se laissent courber et couper au couteau et cèdent sous la dent sans s'émietter.

Voici l'ordre de superposition des diverses couches ou *shales*,

avec leur distance moyenne, en mètres du calcaire de Hurlet :

Calcaire de Hurlet	0
Raeburn shale	120
Mungals sh.	160
Marnes de Houston, Houston coal seam	220
Fills sh.	290
Broxburn sh.	360
Grès de Binny. Dunnet sh.	480
Barracks sh. et calcaire de Burdiehouse.	700
Pumpherstons sh.	900
Schistes de Wardie.	

La teneur en l'huile de ces *shales* est variable.

On admet comme riche un schiste de 30 gallons, c'est-à-dire qui produit à la distillation 30 gallons (1) par tonne anglaise de 1,016 kilog., ou 134 litres par tonne de 1,000 kilog.

Mais, il est un sous-produit qui a de l'importance et qui, lorsqu'il est abondant, permet d'exploiter avantageusement des schistes à faible teneur en huile : c'est l'ammoniaque, que l'on neutralise avec de l'acide sulfurique. La fabrication du *sulfate d'ammoniaque*, très employé dans l'agriculture, est ainsi devenue une branche importante de l'industrie de l'huile en Ecosse.

Certains schistes ou *shales* rendent par tonne 50 livres ou 22 kilog. de sulfate. Ce sel valant 20 à 25 centimes par kilog., il est loin de constituer une valeur négligeable dans cette industrie.

On a constaté que, plus profondément, géologiquement, les schistes pétrolifères gisent dans la série, plus forte est la proportion d'ammoniaque par rapport à l'huile. Aussi la couche la plus riche en ammoniaque est-elle celle de Pumpherstons.

Un aperçu de la composition moyenne des schistes pétrolifères est donné par l'analyse suivante faite à la *Broxburn Oil Company* :

Carbone	5	
Matières volatiles	25	} 12.0 huile brute ; 8.5 eaux ammoniacales ; 4.5 gaz.
Cendres	70	
	<hr/> 100	

(1) Le *gallon* a une capacité de 4.54 litres.

L'huile brute est séparée, dans les raffineries, en quatre catégories d'hydrocarbures, de divers degrés de densité et de volatilité; ce sont :

1. Le naphte et les essences légères ;
2. L'huile légère pour l'éclairage ;
4. Les huiles lourdes lubrifiantes ;
4. La résine solide ou la paraffine

Ces produits peuvent encore être subdivisés en une quantité d'autres servant à de multiples usages.

Nous indiquerons plus loin les diverses manipulations que subissent les oil-shales dans les usines écossaises.

Les terrains pétrolifères d'Écosse forment autour de la ville d'Edimbourg une sorte de cercle irrégulier, non fermé au Sud, et résultant d'un anticlinal où affleurent, au centre, les roches siluriennes ; à partir de celles-ci, on trouve successivement, en s'éloignant vers la périphérie, les grès rouges dévonien (*old red sandstone*), puis les séries carbonifères inférieures, puis les séries pétrolifères bornées par le calcaire de Hurler.

Il s'en faut de beaucoup que tout le pourtour de l'anticlinal ait la même importance au point de vue du gisement qui nous occupe ; nous avons déjà dit que le cercle ne se ferme pas au Sud ; à l'Est, il ne se trouve qu'une zone étroite et de peu d'étendue, dans les environs de *Burdiehouse* et de *Straiton*. Au Nord-Est, l'embouchure du Forth constitue une lacune considérable. Au Nord même, sur la rive Nord du Forth, les schistes bitumineux effectuent bien leur passage sur une assez grande longueur, mais ils ne sont que peu exploités.

De beaucoup, la région où les gisements de pétrole sont les plus importants est celle située à l'Ouest et s'étendant depuis les rives du Forth, dans les environs de *Queensferry*, jusqu'à *Cobbinshaw reservoir*, à 23 kilomètres au Sud, en passant par *Ecclesmachan*, *Broxburn*, *Pumpherton*, *Mid- et West-Calder*, etc.

Ce qui complique la stratigraphie de toute cette région ce sont, outre les plissements de roches, les failles nombreuses et importantes qui les rejettent parfois de plusieurs centaines de mètres, et aussi les terrains éruptifs qui les traversent en beaucoup d'endroits ou s'y interstratifient sur de notables étendues.

Nous avons fait connaître plus haut la coupe géologique des terrains pétrolifères, depuis le calcaire Hurler à la tête jusqu'aux roches de *Wardie* à la base. Il est à remarquer que la même série géologique affleure en d'autres endroits que dans la région dont nous nous occu-

pons : les terrains que l'on voit ici s'enfoncer tout autour de l'anticlinal reparaissent en effet à l'Est et à l'Ouest des synclinaux qui se forment ensuite. Mais les caractères bitumineux ont disparu, de sorte que l'on peut dire que c'est dans la région du Lothian que se trouvent les seuls gisements pétrolifères de l'Ecosse.

Voici, en outre des notions générales qui viennent d'être données, quelques particularités relatives aux divers centres d'exploitation :

Nous ferons le tour de l'anticlinal en commençant par le Sud-Ouest, c'est-à-dire par le bassin de *West-Calder*, qui s'étend au Sud jusqu'à Cobbinshaw

Nous y trouvons, directement superposée au calcaire de *Burdiehouse*, une couche dite **Barracksshale**. Cette couche n'est pétrolifère qu'en un nombre restreint d'endroits ; aussi n'a-t-elle pas grande importance.

Il n'en est pas de même de **Dunnetshale**, qui a donné lieu à des exploitations étendues et qui se retrouve presque dans chaque district. C'est une couche puissante, atteignant 3 mètres et même 4^m50 d'épaisseur. Elle contient parfois 30 gallons d'huile et 25 livres (11 1/4 kil) de sulfate à la tonne ; mais sa teneur en huile est souvent moins élevée.

La couche **Broxburn**, qui vient au-dessus de la couche Dunnet, dont elle est séparée par 120 mètres environ de stampe comprenant le grès de *Binny*, est une couche de première importance en certains points, comme nous le verrons plus loin. Mais dans le district de *West-Calder* elle est moins puissante et moins riche. Son épaisseur ne dépasse pas 0^m90 et sa teneur en huile, 20 gallons.

Au dessus de la couche Broxburn se trouvent des bancs importants et caractéristiques de marnes, appelées *marnes de Broxburn*. Celles-ci sont composées de bancs verdâtres ou grisâtres d'argiles marneuses, alternant avec des schistes calcareux très durs et non fossilifères.

Le banc supérieur, qui se compose d'un banc de calcaire très caractéristique, gris ou blanc-laiteux, de 0^m90 à 1^m50 d'épaisseur, se trouve à peu de distance au mur de la couche **Fells shale**, qui est la plus riche du district.

Le stampe qui sépare *Fells sh.* de *Broxburn sh.* est de 70 à 75 mètres.

La puissance de *Fells* varie de 0^m85 à 1 mètre, mais elle atteint parfois 2 mètres. Ce schiste produit 28 gallons d'huile et 6 kilog. de sulfate d'ammoniaque par tonne.

Fells sh. cesse d'être exploitable dans le district de Broxburn.

En remontant dans la série, on trouve la couche de houille *Houston*; c'est la couche de houille la plus profonde de toute la formation carbonifère, mais son charbon est pyriteux et divisé par des sillons terreux.

Elle a cependant été exploitée autrefois, près des affleurements, avec une certaine activité à ce que prouve des traces nombreuses d'anciens puits. A notre époque, elle n'est plus travaillée que lorsque les charbons atteignent des prix excessifs.

A 15 mètres environ au-dessus de cette couche, se rencontre un schiste pétrolifère insignifiant au point de vue industriel, appelé **Gray sh**; et, immédiatement au-dessus, les stratifications très caractéristiques appelées *marnes de Houston*.

Ces *marnes*, très peu calcaireuses et passablement siliceuses, vertes ou rougeâtres, amorphes, dures à l'état frais, friables après exposition à l'air, sont subdivisées en bancs de quelques pieds d'épaisseur, séparées par un ciment plus résistant qui fait saillie sur l'ensemble après un certain temps de météorisation.

L'épaisseur totale de ces *marnes* est de 45 à 60 mètres.

La couche **Mungals sh.** est une petite couche de 0^m60.

40 mètres plus haut nous trouvons **Raeburn sh.**, la couche pétrolifère la plus élevée dans la série. Cette dernière couche a une épaisseur de 1^m50 à 1^m80.

Elle a été exploitée à West-Calder et à Tarbrax, au Sud de Cobbinshaw.

Au-dessus viennent des *blaes* avec des rognons de siderose, puis des grès et parfois des sillons charbonneux et un banc de minerai de fer qui a été quelquefois exploité sur une petite échelle et qui se trouve 25 mètres environ sous le calcaire de Hurlet.

Schistes de Pumpherston. — Au Nord de la région que nous venons de considérer, un peu au Nord de la ville de Mid-Calder et de la Rivière Almond, on constate un anticlinal allongé du Sud au Nord. C'est là que se trouvent les schistes pétrolifères de **Pumpherston**, les plus profonds de la série et situés à plus de 200 mètres sous le calcaire de Burdichouse. Leur affleurement forme une ovale complet s'étendant du Nord au Sud sur une longueur de 1,600 mètres.

Les *schistes de Pumpherston* forment un ensemble de cinq couches pétrolifères comprises dans une épaisseur de strates de 25 à 30 mètres.

Nous avons déjà signalé ces *shales* comme spécialement riches en

ammoniaque. Leur rendement est de 20 gallons d'huile et de 25 kilog. de sulfate d'ammoniaque à la tonne.

Ces couches n'ont pas, jusqu'ici, été reconnues ailleurs qu'à l'endroit qui vient d'être indiqué.

District de Broxburn. — Ce district, situé au Nord des gisements Pumpherson, est séparé de ceux-ci par une faille importante dirigée S. W - N. E et formant un renforcement au Nord atteignant 450 m.

La Société *Broxburn Oil Co* y a des exploitations considérables, notamment dans la couche **Broxburn** dont l'affleurement forme une ellipse complète de 1,500 mètres environ de grand axe.

La coupe des terrains à Broxburn est peu différente de ce qu'elle est à West-Calder, sauf qu'ici, comme nous l'avons dit, la couche *Fells* est inexploitable. La couche Broxburn s'y présente au contraire dans les meilleures conditions.

Une particularité de ce district consiste en ce que des roches ignées ayant traversé les bancs bitumineux, ont provoqué çà et là la distillation de ceux-ci.

Les produits de la distillation se sont condensés dans des cavités et des fissures sous formes d'hydrocarbures, liquides ou solides. Les anciens se servirent même de ces produits naturels pour la fabrication de grossières bougies dont ils s'éclairaient.

Une conséquence de cette distillation est que les schistes, aux endroits où elle s'est produite, sont trouvés absolument stériles.

Dans cette région et plus au Nord, ces éruptions ont formé à la surface du sol de nombreuses éminences formées de produits volcaniques, appelées *ash necks* ou *nids de cendres*.

Districts au Nord de Broxburn. — Il y a au Nord de Broxburn, entre cette localité et le Forth, plusieurs centres plus ou moins importants d'extraction de schistes pétrolifères, dont quelques-uns seulement en reconnaissance.

M. Cadell en décrit, en détail, les intéressantes particularités géologiques.

Nous citerons les environs de *Philipstown*, où la Société de ce nom exploite la couche Broxburn et une autre, dénommée à tort Dunnet, et qui est probablement une autre couche comprise entre Broxburn et les *grès de Binny*.

Il y a encore le district de *Dalmeny* où la couche Broxburn et une autre, appelée **Curly shale**, et qui se trouve à deux mètres au-dessus de la précédente, sont en exploitation.

Districts au Nord du Forth. — Le calcaire de Hurlet s'étend au Nord du Forth dans le *Fifeshire* au Sud et parallèlement; on peut reconnaître çà et là le passage des *shales*, notamment de *Dunnet shale*.

Cette couche a été exploitée près de Burntisland, tout à fait à l'embouchure du Forth. L'exploitation est inactive actuellement.

District de l'Est. — A l'Est d'Edimbourg, le passage du faisceau bitumineux s'observe au Sud de *Portobello*.

Des exploitations se sont développées entre Burdiehouse et Straiton. On y exploite notamment la couche *Dunnet* appelée dans cette région **Pentland sh.**, qui a 1^m80 de puissance.

Le faisceau est plus resserré que sur le versant Ouest de l'anticlinal; cependant la plupart des couches s'y retrouvent mais généralement avec moins d'épaisseur.

—

Nous terminerons cet exposé par quelques données sur l'industrie du pétrole à Broxburn, extraites d'une notice rédigée à propos de l'excursion accomplie par un groupe de congressistes dans ce bassin.

Les usines et les mines de la *Broxburn Oil Company Limited* couvrent une surface de 100 hectares et occupent 1,800 ouvriers, dont la moitié dans les mines.

Environ 1,600 tonnes de schistes sont passés journallement (500,000 tonnes par an), par les cornues de distillation.

La production annuelle est d'à peu près 6,000 mètres cubes d'huile brute, qui est ensuite passée aux raffineries.

On consomme journallement 400 tonnes de charbon.

Les usines comprennent la *fabrique d'huile brute*, l'*usine à sulfate*, la *raffinerie*, la *fabrique d'acide*, la *fabrique de chandelles* et la *tonnellerie*.

La fabrique d'huile brute de *Roman camp* est raccordée à la raffinerie par un petit chemin de fer.

Le *gisement* a une étendue de 1,600 hectares et est exploité de la même manière que le charbon. La *fabrique de pétrole brut* est construite au centre; les mines rayonnent alentour.

Les puits sont foncés jusqu'aux parties les plus profondes des couches, afin de drainer celles-ci.

Les wagonnets arrivés à la surface sont vidés dans des wagons du chemin de fer d'où, par des culbuteurs hydrauliques, les schistes sont

déversés dans des trémies aboutissant aux broyeurs, qui les réduisent en blocs de 7 centimètres environ.

En cet état, ils sont transportés par câbles jusqu'à la plateforme surmontant les cornues.

Ils sont emmagasinés en cet endroit dans des trémies qui ont la capacité nécessaire pour la consommation de 18 heures et d'où ils descendent d'eux-mêmes vers les cornues.

Il y a à Broxburn 500 et à Roman-camp 240, soit en tout 740 cornues verticales du système Henderson.

Ces cornues ont environ 8^m50 de haut : la partie supérieure est en fonte, le bas est en briques.

La distillation s'effectue d'abord dans la partie en fonte où la température est de 425° C° environ. Les schistes descendent ensuite dans la partie en briques où la température est de 700° C°. La haute température augmente le rendement en ammoniacque et en gaz permanents.

Les schistes sont maintenus en mouvement dans leur descente le long de la cornue par un rouleau denté placé à la partie inférieure qui évacue vers une trémie les schistes épuisés.

On chauffe les cornues au moyen de gaz produits par des générateurs et qui y sont introduits par des ouvertures latérales.

Les produits de la distillation, composés d'huiles, de vapeurs et de gaz permanents sont recueillis au sommet des cornues dans une conduite principale d'où ils passent dans des séries de tuyaux verticaux et de tours de refroidissement, où ils se condensent en huile brute et en eaux ammoniacales.

Les liquides s'écoulent alors dans une petite cuve de séparation. Un tuyau placé à la partie inférieure soutire les eaux ammoniacales ; un autre, placé plus haut, permet de recueillir l'huile brute ; tandis qu'on dirige les gaz permanents vers les cornues où ils se mêlent aux gaz des générateurs pour servir au chauffage des dites cornues.

Pour la fabrication du *sulfate d'ammoniaque*, les eaux ammoniacales sont amenées au sommet d'une colonne garnie de plateaux horizontaux. Les eaux tombent de plateau en plateau jusqu'au bas de la colonne où est amenée la vapeur à la pression de 4 atmosphères.

La vapeur entraînant avec elle le gaz ammoniac, s'échappe au sommet de la colonne par une série de trous et est amenée, par des tuyaux en plomb, au fond d'une caisse de saturation remplie d'acide sulfurique, où l'ammoniacque est transformé en sulfate.

On retire celui-ci de la caisse au moyen de cuillers perforées. Après un égouttage de 12 heures environ, on le transporte dans des

magasins où il est séché pendant quelques jours ; après quoi on le passe au broyeur et on le met en sacs.

L'huile brute est amenée à la *raffinerie* dans une cuve d'une capacité de 200 mètres cubes.

Elle est pompée ensuite dans d'autres baes, d'où elle s'écoule vers une série de colonnes accouplées au moyen de tubes ; elle est alors traitée par les appareils continus du système Henderson.

La première distillation produit, d'une part, le « naphte vert » et l'huile verte » et d'autre part du coke qui constitue un excellent combustible sans fumée.

Le *naphte vert* est traité par l'acide sulfurique et la soude caustique ; après distillation à la vapeur, il donne un « esprit de schistes » ou un naphte d'une densité de 0.725 à 0.740.

L'*huile verte* est traitée de la même façon et est alors bonne à subir une seconde distillation.

Dans ces opérations, l'huile est agitée avec l'acide sulfurique, puis est laissée en repos ; le goudron noir qui se dépose alors au fond de la caisse, est extrait de celle-ci, tandis que l'huile s'écoule du laveur supérieur au laveur inférieur. C'est quand elle arrive dans ce dernier qu'on la mêle avec une solution de soude caustique. Pendant cette dernière opération, elle dépose un nouveau résidu de goudron.

L'acide sulfurique est retiré de ces goudrons et sert à la fabrication du sulfate d'ammoniaque, tandis que le goudron lui-même est utilisé comme combustible dans les foyers.

Par la seconde distillation, l'huile verte est séparée en huiles légères et en huiles lourdes, ces dernières contenant la paraffine solide.

Les huiles légères sont soumises à de nouvelles distillations qui les classent comme suit, suivant leur densité :

	Densité	Point d'ébullition en degrés cent.
Pétroline	0.806	45°
Huile de paraffine n° 1	0.800	49°
Huile d'éclairage	0.810	67°
Paraffine solide	0.830	110°

Pour extraire la paraffine solide de l'huile lourde, on refroidit celle-ci jusqu'à 0° cent. et on en exprime la paraffine au moyen du filtre-pressé. Les produits sont de « l'huile bleue » et de la paraffine solide brute. L'*huile bleue* est traitée, distillée et fractionnée en huiles intermédiaires (utilisées pour la fabrication du gaz et d'autres usages)

et en huiles lourdes servant de lubrifiants. La paraffine solide brute est passée à l'étuvé (*sweating-house*) où elle est fractionnée et raffinée par le procédé Henderson jusqu'à un point de fusion de 49°; c'est la paraffine semi-rafinée. Le même procédé est répété plusieurs fois jusqu'à ce que l'on obtienne la paraffine raffinée dont le point de fusion est de 52° à 55°.

Après avoir subi ce procédé à la chaleur (*sweating process*), la paraffine est mêlée à du charbon de bois; on laisse déposer et on filtre à travers du papier. La paraffine est ensuite refroidie et moulée en blocs.

La production annuelle de cette substance est de 5,500 tonnes environ, dont la plus grande partie est transformée en chandelles dans l'établissement même.

La *fabrique de chandelles* est susceptible de produire environ 20 tonnes de chandelles par jour et est pourvue d'un outillage tout moderne.

La paraffine est sans goût, odeur, ni couleur. Les points de fusion habituels de ces produits sont 38°, 44°, 49°, 52° et 55°. La plus dure est utilisée pour l'éclairage, sous forme de bougies, de mèches et d'allumettes-bougies; la cire tendre est brûlée dans des lampes à la cire, lampes de sûreté ou lampes à main. La plus molle, celle dont le point de fusion est de 38° environ, sert pour saturer les batonnets des allumettes de bois afin de les rendre plus aisément inflammables.

La *fabrique d'acide sulfurique* est divisée en deux parties consistant chacune en cinq chambres, deux tours Glover et une tour Gay-Lussac qui est réunie, d'un côté à la cheminée, de l'autre à la chambre centrale. Il y a des appareils de concentration.

L'usine est susceptible de produire par jour 14 tonnes d'acide sulfurique concentré et 26 tonnes d'acide sulfurique à 44°.

La *tonnellerie* comprend un hangar-séchoir, un atelier de réparation, un atelier de collage où l'intérieur des tonneaux est enduit d'une couche de colle de façon à rendre les bois imperméables, une salle de peinture et une salle de remplissage pourvue d'un appareil Crawford pour le remplissage automatique.
