

CHAPITRE IV.

Résultats obtenus. — Rendement et prix de revient.

Pour que l'emploi des marteaux-piqueurs procure un avantage, il faut évidemment que l'augmentation de rendement obtenue à l'aide de ces appareils soit suffisante pour compenser le supplément de dépenses que leur emploi exige.

C'est ce que fait remarquer notamment M. Denoël dans son étude sur les moyens de production et l'effet utile de l'ouvrier dans les houillères belges. Il s'exprime, en effet, comme il suit : (documents publiés par la Commission d'enquête sur la durée du travail dans les mines de houille, p. 67).

« L'économie sur les frais d'abatage ne devient appréciable que » si l'augmentation d'effet utile est d'au moins 36 à 30 %. »

M. Renier, dans une note publiée en annexe à ce même travail et intitulé « Note sur l'emploi des marteaux-pneumatiques pour l'abatage de la houille », s'exprime de la manière suivante, page 13 :

« Dans la notice qu'elle a rédigée pour l'Exposition Franco-Britannique (Londres 1908), la Compagnie des Mines de Lens » annonce que le marteau-piqueur peut procurer une augmentation » de rendement de 100 %.

» Il paraît que lors des essais, des ouvriers exceptionnels ont atteint » les chiffres signalés par les fournisseurs (200 à 300 %), mais il faut » calculer sur une moyenne et surtout sur une moyenne normale ; » les résultats sont alors moins extraordinaires.

» Dans le chantier en tailles chassantes décrit ci-dessus, le rende- » ment avait augmenté de 40 %, ce qui est déjà remarquable ».

Dans le pays de Galles, on a trouvé que le rendement était augmenté de 64 % par l'emploi du marteau-piqueur (rapport de l'ingénieur en chef Léon. Circulaire du Comité des houillères de France, 1^{er} juin 1908).

Dans les *Annales des Mines de Belgique*, de nombreux exemples d'augmentation de rendement ont été publiés en ces dernières années.

En ce qui concerne spécialement les mines de la province de Liège, un assez grand nombre de charbonnages n'ont pu nous fournir des éléments comparatifs entre l'effet utile de l'ouvrier travaillant à l'aide des outils ordinaires et l'effet utile d'un abatteur employant le marteau piqueur.

Une comparaison exacte n'est évidemment possible que lorsque le gisement est d'une régularité suffisante en ce qui concerne la puissance, la dureté, l'inclinaison de la couche, la proportion de schiste qu'elle renferme. D'autre part, on se trouve, pour le moment, dans des conditions tout à fait spéciales dues à l'état de guerre, notamment au point de vue de l'état précaire de la santé des ouvriers insuffisamment nourris.

Quoiqu'il en soit, des comparaisons ont été faites, avec une approximation satisfaisante, dans une cinquantaine de cas d'application des marteaux; les augmentations de rendement signalées sont les suivantes :

- Dans 6 cas, l'augmentation est inférieure à 40 %;
- Dans 10 cas, elle varie entre 40 et 50 %;
- Dans 14 cas, elle varie entre 50 et 75 %;
- Dans 5 cas, elle varie entre 75 et 100 %, et
- Dans 15 cas, l'augmentation est supérieure à 100 %.

Parmi ces 15 derniers cas, il y en a 2 où l'augmentation a été respectivement de 170 % et de 208 % et 3 dans lesquels la couche était considérée comme pratiquement inexploitable par les procédés ordinaires.

L'augmentation de rendement est donc très variable. On peut déterminer par le calcul quelle doit être cette augmentation pour qu'il y ait avantage à employer les marteaux piqueurs. A cet effet, il faut d'abord connaître la dépense occasionnée par un marteau piqueur en un poste de travail.

Le Comité central des Houillères de France donne (dans la note technique n° 165 du 1^{er} juin 1908), le calcul suivant pour l'établissement de cette dépense aux mines de Dourges :

1° Amortissement du marteau en 2 ans	fr. 0,50
2° Tuyauteries, robinetteries.	0,307
3° Graissage	0,05
4° Entretien, pièces de rechange	0,328
5° Air comprimé	0,948
6° Marteaux en réserve	0,005
TOTAL.	fr. 2,138

Cette dépense deviendrait fr. 2,638, si l'on admettrait l'amortissement des appareils en un an, comme le conseillent certains constructeurs.

M. Brocard, dans l'étude publiée à ce sujet dans le *Bulletin de la*

Société de l'Industrie minière, en mai 1909, estime également « qu'on peut fixer à une année la durée de service effectif d'un marteau piqueur, quel qu'en soit le système, car pendant ce laps de temps, on aura eu l'occasion de le renouveler, soit en bloc, soit par pièces détaillées. »

Cet auteur décompose comme il suit la dépense occasionnée par l'emploi des marteaux piqueurs :

DÉSIGNATION DES DÉPENSES.	PAR TONNE	PAR JOUR
	Fr.	Fr.
Entretien, graissage, outillage	0.030	0.60
Déplacement des conduites d'air.	0.025	0.50
Consommation d'air comprimé	0.013	0.26
Caoutchouc	0.010	0.20
Amortissement	0.050	1.00
TOTALS	0.128	2.56

M. Denoël, dans le travail déjà cité, écrit : « Un marteau coûte de 2 à 3 francs par jour en air comprimé, entretien et amortissement. »

Nous avons cherché à établir, aussi exactement que possible, le prix de revient d'un marteau, en un jour, dans notre bassin houiller. Certains charbonnages nous ont fourni à ce sujet des renseignements très détaillés et nous devons à l'obligeance des directeurs de ces charbonnages de pouvoir les reproduire ci-après :

Charbonnage de Patience et Beaujonc.

Des calculs comparatifs absolument complets ont été faits pour plusieurs couches, exploitées d'abord à la havresse, ensuite au marteau-pic, dans le but de déterminer les prix de revient et les rendements de chacun de ces modes d'exploitation.

Nous donnerons ces calculs pour un certain nombre de chantiers.

Pour la couche n° 9 du siège Fanny, on a comparé la période du 28 juillet 1912 au 2 novembre 1912, au cours de laquelle l'exploitation se faisait à la havresse, à la période du 27 juillet 1913 au

1^{er} novembre 1913, pendant laquelle le déhouillement s'est effectué au marteau-pic.

Le chantier comportait trois tailles chassantes, dont deux seulement ont été pourvues de marteaux, la troisième étant en étreinte ; dans les deux autres tailles, la couche a conservé moyennement pendant cette période la composition suivante :

Faux-toit	0 ^m 04
Charbon	0 ^m 61
Pierre	0 ^m 19
Charbon	0 ^m 21

En 1912, pendant la période considérée, la couche avait la composition indiquée ci-dessous :

Faux-toit	0 ^m 02
Charbon	0 ^m 69
Pierre	0 ^m 10
Charbon	0 ^m 20

Voici les éléments du prix de revient salaires du travail à la havresse (surveillance non comprise) :

Période du 28 juillet 1912 au 2 novembre 1912.

Production en tonnes : 6279,59.

	Journées	Salaires
Haveurs	2.531	fr. 15.031,96
Bouteurs	638	2.019,70
Bosseyeurs	369	2.037,78
Remblayeurs	1.460	6.661,50
Serveurs	552	2.623,80
Répareurs	1.065	5.763,22
Transport	1.594	8.232,12
Totaux	8.209	fr. 42.370,08

Prix de revient à la tonne nette	fr. 6.74
Rendement net par haveur	t. 2,481
Salaires moyen d'exploitation	fr. 5.16

Quant à l'exploitation pendant la seconde période, elle comporte les éléments ci-après :

Période du 27 juillet 1913 au 1^{er} novembre 1913.

Production nette effectuée à l'aide de marteaux . . . t.	6670,598
Production totale nette du chantier t.	7749,186
Nombre de journées de haveurs travaillant au marteau	1426
Rendement des haveurs travaillant au marteau . . . t.	4,677

	Journées	Salaires
Haveurs	1994	fr. 12894,19
Bouteurs	684	2173,60
Bosseyeurs	313	1859,17
Remblayeurs	866	4441,50
Serveurs	535	2452,65
Répareurs	832	4656,32
Transports	1911	10380,97
Totaux	7135	fr. 38858,40

Dépenses ramenées au taux des salaires de 1912 :

$$7135 \times \text{fr. } 5,16 = \text{fr. } 36816,60$$

Prix de revient à la tonne nette (salaires ramenués à ceux de 1912)

$$\frac{36.816,60}{7749,186} = 4.75.$$

Il y a eu 11 marteaux utilisés, dont 2 en réserve ; les dépenses nécessitées par les marteaux pendant la période considérée ont été les suivantes :

Main-d'œuvre pour réparations et entretien . . . fr.	10,33
Fournitures de magasin	128,10
Pièces de rechange et pointerolles	303,00
Amortissement de 11 marteaux en un an (pendant 7 quinzaines) le prix moyen d'achat d'un marteau ayant été de fr. 223,13 : $223,13 \times 11 \times \frac{7}{26} =$	660,81
Amortissement de 9 tuyaux, à 60 francs pièce, en 6 mois (pendant 7 quinzaines) : $9 \times 60 \times \frac{7}{13} =$	290,77

Coût de l'air comprimé. — Pour déterminer la quantité d'air comprimé qu'un marteau piqueur consomme en un jour, le charbonnage a enregistré, au moyen d'un compteur, la quantité d'air com-

primé utilisée dans certaines tailles pendant la durée d'un poste ; cette observation a donné une moyenne de 13m^3500 pour la consommation d'un marteau en un poste ; mais comme au moment de ces essais l'installation était toute récente, les marteaux étaient neufs, les tuyaux venaient d'être installés, les joints et robinets étaient parfaitement étanches, le charbonnage estime qu'il faut doubler ce chiffre pour obtenir la consommation habituelle de la pratique et compter donc sur 27 mètres cubes pour tenir compte des pertes, des fuites et pour laisser une certaine marge pour les variations possibles dans la durée du fonctionnement effectif des marteaux ou cours d'un poste.

Quant au prix d'un mètre cube d'air comprimé, il est encore très discuté. Le charbonnage de Patience et Beaujone l'évalue à fr. 0.04, ce qui donne donc pour le coût de l'air comprimé consommé par un marteau en un poste, $27 \times 0,04 = \text{fr. } 1,07$.

Or, pendant la période envisagée, il y a eu 713 marteaux-jour ; la dépense d'air comprimé au cours de cette période a donc été de fr. 770,04.

Le total général des dépenses occasionnées pendant cette période ressort ainsi à fr. 2.163,13.

La dépense occasionnée pour une tonne nette abattue à l'aide de marteaux est donc de $\frac{2.163,13}{6670,598} = \text{fr. } 0,32$, et la dépense occasionnée par un marteau en un jour est de $\frac{2.163,13}{713} = \text{fr. } 3,03$.

La dépense occasionnée par les marteaux pour une tonne nette abattue dans tout le chantier, partie au marteau, partie à la havresse, ressort à $\frac{2.163,13}{7.749,186} = \text{fr. } 0,29$.

Les mêmes calculs ont été faits pour les chantiers suivants du siège Fanny :

Couche Dure Veine, exploitée du 8 septembre 1912 au 30 novembre 1912, à l'aide des procédés ordinaires au moyen des tailles montantes, et du 7 septembre 1913 au 29 novembre 1913, par tailles chassantes, en partie à l'aide de marteaux-pics. On a utilisé 16 marteaux, dont 4 en réserve. La composition de la couche était la suivante :

Charbon	0 ^m 39
Pierre	0 ^m 11
Charbon	0 ^m 20
Faux-mur	0 ^m 04

Couche Mona. — Exploitée pendant les mêmes périodes que la couche précédente, en 1912 par tailles montantes, à l'aide de la havresse, en 1913 par tailles chassantes à l'aide de marteaux-pics ; on utilisa 4 marteaux, plus un de réserve.

Couche n° 8. — Exploitée par trois tailles chassantes, déhouillée à la havresse du 28 juillet 1912 au 2 novembre 1912. Deux de ces tailles furent munies de marteaux-pics le 27 juillet 1913, la troisième au mois d'octobre de la même année ; on étudia l'exploitation jusqu'au 1^{er} novembre 1913. La couche avait moyennement les compositions suivantes :

	En 1912	En 1913
Besy	0,08	0,30
Charbon	0,50	0,45
Havage	0,03	0,03
Charbon	0,33	0,35

Il y a eu 17 marteaux utilisés, dont 3 de réserve ; deux tailles avaient chacune 5 marteaux actifs ; la troisième en avait 4.

Enfin, on fit la même comparaison au siège Beaujone, dans la *couche Charnapré* pour l'exploitation effectuée du 6 octobre 1912 au 14 décembre 1912, à la havresse par tailles montantes et pour celle effectuée du 5 octobre 1913 au 13 décembre 1913, en partie par tailles chassantes, avec travail partiel au marteau-pic. On a utilisé 6 marteaux, dont un de réserve.

Les résultats d'ensemble de ces observations et calculs sont résumés dans le tableau ci-dessous :

	SIÈGE FANNY. — COUCHES				SIÈGE BEAUJONC. COUCHE CHARNAÏRÉ
	DURE VEINE	MONA	No 8	No 9	
Production nette, travail à la havresse en 1912.	1.699	1.608	7.854	6.280	1.273
» partie au marteau, partie à la havresse. en 1913	2.123	940	6.413	7.479	2.219
» réalisée à l'aide des marteaux en 1913.	1.720	940	5.391	6.670	1.617
Rendement net de l'abatteur travaillant à la havresse.	1,80	2,40	2,81	2,48	1,31
» au marteau-pic	2,76	3,87	4,46	4,68	2,88
Augmentation de rendement	53 %	61 %	59 %	88 %	119 %
Salaires à la tonne nette produite en 1912 à la havresse	9,10	8,35	4,23	6,74	9,07
Salaires à la tonne nette produite en 1913, partie à la havresse, partie au marteau-pic.	9,38	9,37	4,28	4,92	7,39
Dépenses occasionnées par l'emploi des marteaux.	2.079	740	2.071	2.163	860
Nombre de marteaux-jours	624	243	604	713	281
Dépenses occasionnées par les marteaux pour une tonne nette produite en 1913, partie au marteau, partie à la havresse.	0,98	0,79	0,32	0,29	0,39
Coût total d'une tonne nette produite en 1913, partie au marteau, partie à la havresse	10,36	10,16	4,60	5,21	7,78
Bénéfice à la tonne	»	»	»	1,53	1,29
Perte à la tonne	1,36	1,81	0,37	»	»
Dépense occasionnée par les marteaux pour une tonne produite uniquement à l'aide des marteaux.	1,21	0,79	0,38	0,32	0,53
Coût d'un marteau par jour	3,39	3,04	3,43	3,03	3,05

Les derniers renseignements de ce tableau, le coût d'un marteau par jour de travail, a été contrôlé à l'aide des dépenses relevées au cours d'une année, du 15 février 1913 au 15 février 1914, ainsi qu'il résulte du tableau ci-après :

Main-d'œuvre, forges, entretien et fabrication de pics	fr.	0,084
Outils (pics et aciers)		0,127
Pièces de rechange		0,235
Fournitures diverses		0,262
Amortissement d'un marteau (en un an)		0,744
Amortissement d'un tuyau (en 6 mois)		0,400
Consommation d'air comprimé (27m ³ à fr. 0.04)		1,080
TOTAL.	fr.	2,932

D'après ces données, cette dépense s'élèverait donc à fr. 2,932.

On peut dire, en somme, qu'il résulte des expériences et calculs effectués par le charbonnage de Patience et Beaujonc, que la dépense occasionnée par un marteau en un jour est de 3 francs en nombre rond en moyenne, non compris l'amortissement du compresseur et des canalisations.

Il est à remarquer que l'amortissement des marteaux a été prévu en un an, alors que certains constructeurs ou auteurs conseillent d'amortir ces appareils en 2 ans ; comme nous le verrons plus loin, ce laps de temps est même dépassé dans plusieurs charbonnages.

Au charbonnage d'Abhooz et Bonne-Foi-Hareng, la dépense nécessitée par un marteau en un jour a été déterminée de la façon suivante, pour chacun des deux sièges.

Au siège d'Abhooz, le nombre de journées faites à l'aide de marteaux-piqueurs pendant les six derniers mois de 1915 s'élève à 5428. La production nette obtenue à l'aide de ces appareils pendant cette période a été de 29620 tonnes.

Le rendement d'un haveur au marteau a donc été de :

$$\frac{29.620}{5.428} = 5,457.$$

Les dépenses occasionnées par l'emploi des marteaux ont été les suivantes :

DÉSIGNATION DES DÉPENSES	Au total Fr.	Par marteau- jour Fr.
1 ^o Dépenses directes du compresseur, huiles, graisses, électricité, machinistes (coût de l'air comprimé)	3.560,24	0,66
2 ^o Entretien des marteaux, pièces cassées	1.878,46	0,35
3 ^o Amortissement, en 15 ans, du compresseur et des tuyauteries	3.369,00	0,61
4 ^o Amortissement pour nouvelles pièces mises en service (marteaux, tuyaux en caoutchouc, etc.)	3.892,28	0,72
TOTAUX	12.700,88	2,34

Le coût d'un marteau en un poste a donc été de fr. 2,34 ; le coût d'un marteau à la tonne a été de $\frac{2,34}{5,447} = \text{fr. } 0,43$.

Pour le siège de Milmort, on a fait des calculs analogues pour toute l'année 1916.

Le nombre de journées faites à l'aide de marteaux au cours de la dite année a été de 14793 ; la production nette réalisée par les haveurs munis de ces appareils a été de 45559 tonnes et le rendement par haveur au marteau, de tonnes 3,08.

Les dépenses occasionnées par les marteaux ont été les suivantes :

DÉSIGNATION DES DÉPENSES	Au total Fr.	Par marteau- jour Fr.
1 ^o Dépenses directes du compresseur, huiles, graisses, machiniste, force motrice (coût de l'air comprimé)	6.441,85	0,44
2 ^o Entretien des marteaux, huiles, pièces remplacées	3.977,74	0,27
3 ^o Amortissement en 15 ans, 5 %, du compresseur et des canalisations principales	5.727,00	0,39
4 ^o Divers amortissements extraordinaires, notamment tuyaux flexibles (amortis en 12 mois)	1.246,43	0,08
5 ^o Amortissement des marteaux : En 1914 et 1915, on a acheté 90 marteaux pour 29873 fr. 16 cent. ; le nombre d'appareils moyennement en service a été de 71 en 1914, 51 en 1915, 50 en 1916. Aucun des 90 marteaux n'est encore hors de service ; mais, pour être prudent, on peut amortir le coût de ces marteaux en 4 ans ; on obtient ainsi $\frac{29.873,16}{4}$	7.468,29	0,50
TOTAUX	24.861,31	1,68

Le coût d'un marteau-jour ressort donc à fr. 1,68 et le coût d'un marteau à la tonne, à $\frac{1,68}{3,08} = \text{fr. } 0,55$.

On voit que ces données diffèrent assez sensiblement de celles obtenues au siège d'Abhooz. On pourrait admettre les nombres ronds de 2 francs pour le coût d'un marteau-jour et de fr. 0,50 pour le coût d'un marteau à la tonne.

En comparant les six derniers mois de 1912 aux six derniers mois de 1915, cette société a trouvé que, grâce à l'emploi des marteaux, la production a augmenté de 24 % au siège d'Abhooz et de 15,3 % au siège de Milmort ; que cette augmentation de production lui a valu un bénéfice de 93860 francs au premier de ces sièges et de 57592 francs au second ; qu'enfin, le prix de revient salaires à la tonne

a été diminué de fr. 1.10 au siège d'Abhoos et de fr. 0.76 au siège de Milmort, par l'emploi des marteaux-piqueurs.

A ma demande, la durée du fonctionnement effectif des marteaux piqueurs en un poste a été observée dans les différents chantiers ci-après :

COUCHES	Puis- sance m.	Toit	Durée de fonction- nement	Produc- tion Tonneaux	OBSERVATIONS
Grande Veine d'Oupeye.	0.50	Bon	3 h. 39'	6	Un boteur dans la taille.
» des Dames	0.55	»	1 h. 50'	7	Pas de boteur »
» »	0.55	»	2 h. 50'	9	Un boteur »
» »	1.00	»	1 h. 27'	11	Pas de boteur »

On voit que la durée du fonctionnement effectif d'un marteau piqueur varie à peu près du simple au double, suivant que l'ouvrier qui s'en sert doit effectuer le boutage ou qu'il a un boteur à sa disposition.

— Le charbonnage de Sclessin-Val-Benoît (société anonyme des Charbonnages du Bois d'Avroy) évalue de la façon suivante le prix de revient d'un marteau-pic en un jour.

1° *Air comprimé.* — La détermination du prix de revient d'un mètre cube d'air comprimé a été faite spécialement à notre demande ; elle a eu lieu sur un compresseur Compound tournant à 110 tours par minute, la pression de refoulement étant de 6 atmosphères. Le volume engendré par heure fut de 550 mètres cubes ; le rendement volumétrique du compresseur étant 0.86, le volume d'air réellement aspiré a été de $550 \times 0.86 = 475$ mètres cubes.

Pour obtenir le volume d'air comprimé à 6 atmosphères, il faudrait, théoriquement, diviser ce nombre de 475 mètres cubes par 7, en supposant que la compression soit isothermique ; mais, pour tenir compte de ce qu'en pratique la compression n'est jamais isothermique et, en outre, de ce que la pression de refoulement n'est pas constamment de 6 atmosphères exactement, nous diviserons par 6 au lieu de diviser par 7, comme le font d'ailleurs généralement les constructeurs. Nous obtiendrons donc $\frac{475}{6} = 79$ mètres cubes d'air comprimé à 6 atmosphères.

La puissance absorbée fut de 63 kw.h. Le prix de revient d'un kw.h. est estimé, par le charbonnage, à fr. 0.03, de sorte que la dépense a donc été de $63 \times 0,03 = \text{fr. } 1.89$, soit $\frac{1,89}{79} = \text{fr. } 0,024$ par mètre cube ; nous adopterons fr. 0.025 pour tenir compte de certains frais accessoires.

D'après les observations faites par la direction de ce charbonnage, un marteau-pic consomme, en un poste, 43 m³ d'air, les abatteurs n'ayant pas de besognes accessoires à effectuer, si ce n'est le boisage.

La dépense d'air comprimé en un poste est donc de $43 \times 0.025 = \dots \dots \dots \text{fr. } 1,07$

2° *Amortissement et entretien.* — A ce charbonnage on a constaté qu'un marteau convenablement entretenu et dont les pièces usées ou brisées sont réparées ou remplacées au fur et à mesure des besoins, peut durer 500 jours. Le coût d'un marteau étant de 200 francs et un marteau de réserve étant nécessaire sur 4 marteaux en service, l'amortissement ressort à $\frac{200}{500} \times 1,25 = \dots \dots \dots \text{fr. } 0,50$

3° *Amortissement des tuyaux en caoutchouc.* — Un tuyau de 15 mètres, longueur moyennement nécessaire pour un marteau, coûte 90 francs et est hors de service au bout de 150 jours ; l'amortissement en un jour représente donc $\frac{90}{150} = \dots \dots \dots \text{fr. } 0.60$

4° *Pose des tuyaux en fer, des joints, des boulons d'attache, amortissement de ce matériel, graissage des marteaux, etc.* fr. 0,40

5° *Aiguilles.* — 105 aiguilles à 3 francs par an pour 21 marteaux, soit par marteau-jour fr. 0,05

Total du coût d'un marteau-jour. fr. 2,62

Etant donné cette dépense, le charbonnage obtient, pour le prix de revient à la tonne dans divers chantiers, les résultats indiqués dans le tableau ci-après :

DÉSIGNATION DES CHANTIERS	Rendement en tonnes par abatteur			Salaire jour- naler moyen de l'abatteur		Dépense totale par journée au marteau	Prix de revient de l'abatage à la tonne		Différence entre le prix de revient au marteau et celui à la havresse	RÉSULTATS
	Tx à la havresse	Tx au marteau	% Augmen- tation	Fr. à la havresse	Fr. au marteau		Fr. à la havresse	Fr. au marteau		
1. Jean Michel . . .	4,39	5,84	30	5,40	5,43	8,05	1,23	1,38	+ 1,15	Augmentation du prix de revient.
2. Houlleux . . .	5,05	7,25	40	5,74	6,238	9,00	1,13	1,24	- 0,11	Diminution
3. » . . .	5,54	9,30	67	5,36	6,05	8,67	0,96	0,93	- 0,03	»
4. Grand-Moulin . .	4,17	7,00	68	5,60	6,88	9,50	1,34	1,36	+ 0,02	Augmentation
5. Dure Veine . . .	3,74	10,00	170	6,33	7,20	9,82	1070	0,98	- 072	Diminution
6. » . . .	4,85	10,60	119	6,22	6,70	9,32	1,28	0,88	- 0,40	»
7. Malgarrie . . .	5,00	9,02	80	5,45	7,07	9,69	1,09	1,07	- 0,02	»
8. Castagnette . . .	5,31	8,22	55	5,83	6,68					»
Hayement . . .				3,76	3,50					»
Total . . .				9,59	10,18	12,80	1,81	1,56	- 0,25	»
9. Graway . . .	5,74	11,70	104	5,75	7,55	10,17	1,00	0,87	- 0,13	»
10. Désirée . . .	2,76	5,93	115	5,60	7,21	9,83	3,12	1,66	- 1,46	»
11. Bienvenue . . .	5,42	16,70	208	5,98	7,78					»
Hayement . . .				1,38	3,96					»
Total . . .				7,36	10,74	13,36	1,35	0,80	- 0,55	»

On voit que les résultats sont très variables d'un chantier à l'autre. Dans les quatre chantiers pour lesquels le prix de revient à la tonne a diminué dans des proportions notables (nos 5, 6, 10 et 11), la couche est composée d'un faux-mur de 12 à 15 centimètres d'épaisseur et d'une seule laie de charbon de 0^m70 de puissance pour le premier, de 0^m90 pour le second de 0^m50 pour chacun des deux derniers. Le charbon est assez dur dans les chantiers nos 5 et 10 ; il est facile à abattre dans le chantier n° 11 et il est très dur à certains endroits dans le chantier n° 6 ; les couches gisent en planteurs inclinées de 5 à 22° ; dans le chantier n° 10 seul, le hayement du faux-mur se fait pendant le poste de jour ; dans les trois autres, il se fait pendant la nuit ; mais dans les quatre cas, ce travail s'effectue au marteau. Les terrains encaissants sont considérés comme résistants.

Les chantiers pour lesquels le prix de revient à la tonne n'a pas baissé sensiblement, ainsi que ceux dans lesquels il a augmenté, à savoir les nos 1, 2, 3, 4 et 7 sont ouverts dans des couches composées de plusieurs laies avec intercalations schisteuses ; les laies de charbon sont généralement faciles à abattre ; dans les chantiers nos 1, 4 et 7, les terrains encaissants sont peu résistants.

La durée de fonctionnement effectif d'un marteau-piqueur en un poste a été observée, à notre demande, dans ce charbonnage, dans des chantiers où l'ouvrier à la veine ne fait pas d'autres besognes que l'abatage et le boilage. Voici les constatations faites :

SIÈGES	COUCHES	Durée de fonctionnement du marteau	Production Tonneaux	Surface déhouillée M ²
Grand Bac . . .	Jean Michel . . .	4 h. 35'	10,5	11,00
» . . .	Dure Veine . . .	4 h. 20'	11,5	11,00
Perron . . .	Houlleux . . .	4 h. 32'	11,0	7,00
» . . .	Wicha . . .	5 h. 05'	8,5	5,80
» . . .	Désirée . . .	4 h. 10'	7,5	10,00
	MOYENNES.	4 h. 32'	9,8	8,96

On voit, par comparaison avec les chiffres donnés plus haut, que la durée de fonctionnement n'est guère constante. Or, la dépense occasionnée par un marteau-piqueur en un poste est fonction de cette durée, car de cette durée dépend la consommation d'air comprimé, l'usure, l'entretien, etc. Il n'est donc pas étonnant que l'on obtienne des résultats très différents d'un charbonnage à l'autre, pour les divers éléments composant cette dépense, comme on le verra par le tableau reproduit dans le chapitre suivant.

CHAPITRE V.

CONCLUSIONS.

A l'aide des exemples donnés dans le chapitre précédent, on peut dresser le tableau ci-après pour déterminer le coût d'un marteau en un jour.

DÉCOMPOSITION DES DÉPENSES	Charbonnage d'Abhooz et Bonne-Foi- Hareng		Charbonnage du Bois d'Avray	Charbonnage de Patience et Beaujone	Brocard	Comité central des Houillères de France	Denoël	
	Siège d'Abhooz	Siège de Milmort						
1. Air comprimé	0,66	0,44	1,07	1,08	0,26	0,95	2 à 3 francs.	
2. Entretien des marteaux, pièces remplacées, etc.	0,35	0,27	0,55	0,71	0,60	0,38		
3. Aiguilles								
4. Amortissement des marteaux .	0,72	0,58	0,60	0,74	1,00	0,50		
5. Amortissement des tuyaux en caoutchouc				0,40	—	0,50		0,31
6. Déplacement des tuyaux en fer, joints, boulons, amortissement du matériel.								
7. Amortissement du compresseur et des tuyauteries principales .	0,61	0,39	—	—	—	—		
TOTAUX	2,34	1,68	2,62	2,93	2,56	2,14	2,50	

Laissant de côté le cas du siège de Milmort du charbonnage d'Abhooz et Bonne-Foi-Hareng, où le coût d'un marteau-jour est estimé exceptionnellement bas et, bien que l'amortissement du compresseur n'ait été envisagé qu'à ce charbonnage, il est permis de déduire de ce tableau qu'un marteau-piqueur occasionne, en un poste, un supplément de dépenses de fr. 2,50 en chiffres ronds. Il en résulte que si le salaire de l'ouvrier à veine est de 5 francs par jour, l'augmentation de rendement doit être supérieure à $\frac{2.50}{5.00} = 50\%$ pour que l'on soit certain de réaliser une économie d'argent à employer les marteaux-piqueurs. Si le salaire de l'ouvrier à veine était de 6 ou de 7 francs, cette augmentation devrait être respectivement de $\frac{2.50}{6.00} = 42\%$ et de $\frac{2.50}{7.00} = 36\%$.

Mais dans les cas où l'économie d'argent est insignifiante ou nulle, même lorsqu'il y a perte, il y aura encore souvent avantage à employer ces appareils, parce que cet emploi permet d'augmenter la production avec le même nombre d'ouvriers et, par conséquent, de suppléer au manque de personnel.

En outre, les qualités professionnelles ne jouent plus un rôle prépondérant lorsque l'abatage se fait mécaniquement et ce côté de la question sera des plus importants après la période troublée que nous traversons ; la pénurie de main d'œuvre sera probablement très grande, de sorte que les exploitants seront forcés d'embaucher des ouvriers sans se montrer trop difficiles dans le choix. (Il est bien évident que les exploitants auront le devoir de veiller, néanmoins, à ce que le boisage soit exécuté dans toutes les conditions désirables de sécurité).

Ces conclusions sont du reste connues de tout le monde, ou à peu près, et ont déjà été mises en lumière par plusieurs auteurs. Nous nous estimerions heureux si la présente étude avait pour résultat de convaincre les exploitants n'ayant pas encore introduit les marteaux piqueurs dans leurs travaux, que l'emploi de ces appareils s'impose dans les circonstances actuelles et d'engager ceux qui emploient déjà ces engins à en multiplier les cas d'utilisation. Nous aurions ainsi contribué, pour une certaine part, à maintenir notre industrie nationale à la hauteur de sa tâche.

Octobre 1918.

LE RAPPORT FINAL
DU
Service des Recherches minières
DES PAYS-BAS ⁽¹⁾

ANALYSE PAR
ET. ASSELBERGHS

Docteur en Sciences, géologue au Service Géologique de Belgique.

On se souvient qu'en 1903 le Gouvernement hollandais se réserva la prospection minière dans les provinces du Limbourg, du Brabant septentrional, de la Gueldre et de l'Overijssel ; cette mesure fut étendue en 1908 au pays tout entier.

L'étude géologique et minière du pays fut confiée au « Service des Recherches minières du Royaume » qui publia, de 1904 à 1914, les résultats de ses recherches dans des rapports annuels (*Jaarverslag der Rijksopsporing van Delfstoffen over* Amsterdam). M. van Waterschoot van der Gracht, qui dirigea le Service depuis 1905 avec tant de compétence, nous présente aujourd'hui un Rapport final qui termine cette série de publications intéressantes. Cet ouvrage renferme l'étude synthétique des Pays-Bas au point de vue géologique et minier telle qu'elle se dégage des données nombreuses recueillies pendant les années 1903 à 1916.

(1) W.-A.-J.-M. VAN WATERSCHOOT VAN DER GRACHT. — *Eindverslag over de Onderzoekingen en Uitkomsten van den Dienst der Rijksopsporing van Delfstoffen in Nederland 1903-1916*. — Volume in-4^o de 664 pages avec Atlas (60×74 cm.), 33 cartes et coupes. — Amsterdam, Electrische Drukkerij « 't Kasteel van Aemstel », 1918. — En vente chez Martinus Nijhoff, Lange Voorhout, La Haye. Prix : 40 florins.

La plus grande partie du mémoire est due à M. van Waterschoot van der Gracht ; le paléobotaniste M. Jongmans y décrit le houiller productif au point de vue stratigraphique, et le géologue M. Reinhold donne les résultats de l'étude tectonique et minière du Limbourg méridional.

Faisons ressortir d'emblée l'importance du travail fourni par le Service des Recherches minières en disant que la Hollande lui doit la découverte et l'étude de régions minières, dont les ressources en houille peuvent être évaluées à 5,256 millions de tonnes.

La carte ci-jointe, qui est une réduction d'un fragment de la planche 13 de l'Atlas facilitera, la lecture du texte ci-dessous.

CHAPITRE I.

Aperçu historique.

Sur les instances du Dr Beyerinck qui avait reconnu les probabilités d'existence de la houille à des profondeurs pratiquement exploitables en dehors du Limbourg méridional, le gouvernement hollandais fonda en 1903 le Service des Recherches minières du Royaume. Beyerinck en devint le directeur. A la suite des résultats malheureux de deux premiers sondages qui n'avaient pas atteint la base du tertiaire aux profondeurs de 680 et de 790 mètres, il donna sa démission (1905).

Son successeur, M. van Waterschoot van der Gracht, aborda l'étude des sondages faits le long des frontières méridionale et orientale de la Hollande, et arriva à la conclusion que la surface des formations paléozoïques n'était pas, comme le pensait Beyerinck, un plateau largement ondulé s'inclinant régulièrement vers le Nord-Ouest, mais une région fortement faillée, divisée en fosses et en horsts. Il supposa que la zone d'affaissement qui commence à Duren et à Euskirchen, en Allemagne, passe entre Sittard et Roermond et s'étend en s'élargissant vers Eindhoven ; à l'Ouest, elle serait limitée par le horst du Limbourg hollandais, à l'Est, par le horst allemand d'Erkelenz et Elmpt.

Une étude approfondie de la géographie physique et de la géologie montra que les limites entre les horsts et les fosses correspondent, à la surface du sol, à des escarpements formés de couches tertiaires anciennes, alors que dans la plaine avoisinante on ne trouvait que de

l'holocène. Cette étude géomorphologique amena l'auteur à envisager l'existence du horst du Peel (1), qui est le prolongement, sur territoire hollandais, du horst allemand d'Erkelenz, où l'on avait reconnu la présence de houille.

L'hypothèse fut confirmée par la recoupe du houiller productif au grand sondage d'Helenaveen (1906). Un sondage fait à 10 kilomètres plus au Sud recoupa la houille à 730 mètres ; par contre, à Griendtsveen, on se trouvait toujours dans le grès bigarré à 1,155 mètres ; on avait atteint la limite nord du horst.

Bientôt on trouva un moyen pratique pour la délimitation des horsts, c'est-à-dire des régions où le charbon pouvait être rencontré à moins de mille mètres.

L'étude de nombreux sondages superficiels montra au géologue Tesch que toutes les coupes pouvaient être rapportées à deux types. Tantôt le gravier récent (diluvium) repose sur du sable glauconifère marin, tantôt il en est séparé par une formation fluviatile composée de sables blancs quartzeux avec lentilles argileuses, bois fossiles et avec graviers contenant des fossiles silicifiés d'âge jurassique. La comparaison de ces coupes avec les parties supérieures des cinq grands sondages déjà effectués permit de conclure que les formations fluviatiles se rencontraient seulement dans les sondages improductifs, dans les sondages ouverts au-dessus des fosses. On effectua donc de nombreux sondages superficiels, dépassant rarement soixante mètres de profondeur, pour la délimitation des horsts et des fosses. Quelques grands sondages confirmèrent les données ainsi acquises.

Cette étude montra que la crête du Peel, qui s'étend jusque Reek et Grave-sur-Meuse, est divisée en deux parties par l'affaissement transversal de Griendtsveen et de Venray.

Les grands sondages, forés entièrement à la couronne, donnèrent des indications précises sur la formation houillère, qui parut analogue à celle de Westphalie. Répartis à la surface avec jugement et méthode, ils fournirent une coupe dans la série houillère, de 1,200 mètres et montrèrent que le horst du Peel est composé, en réalité, de trois compartiments accolés et allongés du N.-W. au S.-E.

A partir de 1906, on explora les provinces de la Gueldre et de la Twenthe, ce qui amena la découverte du horst peu étendu de

(1) Le Peel est une région allongée du Nord-Ouest vers le Sud-Est, s'étendant entre Bois-le-Duc ('s Hertogenbosch) et Grave-sur-Meuse d'une part, et la frontière hollando-germanique au Sud-Est du cours de la Meuse entre Roermonde et Venlo, d'autre part.

Winterswyck et du horst de Buurse. A noter la présence, dans le Permien et le Triasique, de couches salines d'environ 120 mètres de puissance.

Le sondage d'Oploo, foré en 1912 dans le horst septentrional du Peel, montra que le charbon s'y trouve à des profondeurs trop fortes.

De même, le sondage de Woensdrecht, effectué en 1912-1914 pour rechercher le prolongement du bassin houiller de la Campine dans le Brabant hollandais, fut négatif au point de vue industriel.

Enfin, depuis 1907, le Service des Recherches du Royaume s'occupa aussi de l'étude géologique du district minier du Limbourg méridional.

Un résumé des grands sondages et l'exposé du budget du Service terminent l'aperçu historique. Notons, en passant, que les frais totaux (sondages, publications, personnel, etc.) s'élèvent à 2 1/2 millions de florins pour la période de 1903 à 1916 inclus. Les vingt-cinq grands sondages représentent une longueur totale de 27,360 mètres. Il est bon de dire ici que les coupes détaillées des grands sondages ont été publiées, pour la plupart, dans les rapports annuels ; les autres sont insérées dans le Rapport final.

CHAPITRE II.

La Structure géologique de la Hollande.

Ce chapitre est capital pour tous ceux qui s'intéressent à la géologie de la Hollande. Sans insister au sujet de l'ouvrage de Staring, *De Bodem van Nederland* (1860), et de la publication de même titre de M. J. van Baren, — les sept premières parties ont paru de 1908 à 1915, Amsterdam — nous possédons comme description géologique des Pays-Bas l'étude d'ensemble de MM. Molengraaff et van Waterschoot van der Gracht publiée en 1913 dans le « Handbuch der Regionalen Geologie » vol. I, 3, Heidelberg.

La Hollande appartient au même complexe géologique que la Belgique ; elle comprend donc une couverture de terrains mésozoïques et cénozoïques et un socle paléozoïque. Toutefois, dans les provinces septentrionales, le revêtement des couches postpaléozoïques présente des traces de plissement (plissement saxonien (1) de Stille).

Les couches les plus anciennes de la Hollande actuellement recon-

(1) *Non* de Lapparent et Munier Chalmas.

nues, appartiennent au Carboniférien. Le Dinantien a été recoupé au sondage de Woensdrecht entre les profondeurs de 1,176 et 1,205 mètres ; le Houiller, reconnu dans de nombreux sondages, sera étudié plus loin.

D'après M. van Waterschoot van der Gracht, la poussée hercynienne qui produisit dans le bassin houiller de Belgique un empilement de nappes de charriage, détermina plus au Nord, en Hollande, la fracture du sol paléozoïque en de nombreux compartiments, donnant lieu ainsi à une alternance de fosses et de horsts ou plateaux.

A partir du Permien supérieur, la Hollande fit partie d'un grand géosynclinal dans lequel se déposèrent les énormes dépôts postérieurs au Houiller. Cependant, pendant le Jurassique moyen et supérieur, les parties centrale et sud-orientale du pays émergèrent ce qui donna lieu à l'ablation d'une série de couches qu'on évalue à 3,000 mètres ; aussi, dans le Limbourg, on ne trouve plus ni le Permien ni le Triasique, si ce n'est dans les compartiments fortement affaissés.

Le Thuringien ou Permien supérieur débute par un conglomérat grossier sur lequel reposent des marnes sableuses, avec calcaires. Au-dessus viennent des dépôts salins, composés principalement de sel gemme, et accompagnés d'anhydrite et, en moindre quantité, de sels potassiques et magnésiens. Les couches salines et les marnes et dolomies avec anhydrite qui les surmontent, ont été enlevées par l'érosion dans la région du Peel.

Le Triasique inférieur est représenté par des marnes rouges et du grès micacé rouge sombre avec des bancs poudingiformes à la partie moyenne. Le Triasique moyen, formé de calcaire gris et rougeâtre à *Gervillia socialis* et à *Myophoria vulgaris* et de calcaire schisteux et de marne avec gypse et anhydrite, est connu dans les sondages de la Gueldre et de la Twente ; cet étage, enlevé par érosion sur les horsts du Peel, existe probablement encore dans les parties affaissées.

Le Triasique supérieur n'a pas été recoupé ; néanmoins, il y a des présomptions pour que ces couches se soient déposées, car elles ont été rencontrées à Neeroeteren (Limbourg belge) et à Geest (Province rhénane). De même, des sondages faits le long de la frontière, ont donné des échantillons des couches à *Avicula contorta* du Rhétien.

Le Jurassique inférieur ayant été atteint par les sondages de Drove, près de Düren et de Neeroeteren ; sept cents mètres de Jurassique ayant été recoupés dans le graben de Bislich près de Xanten, en Alle-

magne. M. van Waterschoot van der Gracht suppose que le Jurassique inférieur s'est déposé dans la Hollande méridionale, mais qu'il y a été enlevé par érosion. Des affleurements sont visibles vers la frontière orientale des provinces de la Gueldre et d'Overyssel; on y trouve des argiles schisteuses vert foncé avec calcaire gris du Lias et des marnes avec couches oolithiques du Dogger. Le Jurassique serait bien représenté dans le sous-sol du centre et du Nord de la Hollande où il se reliait au Jurassique de l'Angleterre et à celui de l'Allemagne du Nord.

Le Crétacique repose en discordance sur des couches de plus en plus anciennes au fur et à mesure qu'on se dirige vers le Sud. Dans l'Overyssel, il repose sur du Jurassique moyen; dans la région du Peel, il est mis en contact avec le Triasique inférieur; et dans le Limbourg méridional, il est susjacent au Carbonifère. D'après l'auteur, l'érosion précrétacée aurait enlevé sur les horsts du Limbourg 1,000 à 2,500 mètres de Carbonifère, 500 à 900 mètres de Permotriasique et 700 mètres de Jurassique.

Les faits observés permettent de conclure que le Crétacique est présent dans toute la Hollande, sauf sur les horsts les plus élevées de la Gueldre, de la Twenthe et de la partie orientale du Limbourg méridional.

Le Wealdien et le Néocomien affleurent dans l'Overyssel. Le Wealdien, qui, d'après l'auteur, n'est qu'un facies saumâtre et d'eau douce des couches les plus anciennes du Néocomien, est représenté par des argilites foncées, fossilifères et par des marnes en minces couches avec faune saumâtre. Le Néocomien inférieur (Valanginien) et moyen (Hauterivien) sont caractérisés respectivement par de l'argile foncée avec pyrite et septaria et par des sables et grès. Le Néocomien supérieur, ou Barrémien, et l'Aptien ne sont pas connus avec certitude. Les sables verts à *Inoceramus concentricus* et l'argile à *Belemnites minimus* de l'Albien, les marnes à *Belemnites ultimus* et les calcaires sableux et siliceux du Céno-manien affleurent ou se rencontrent à de faibles profondeurs aux environs de Winterswyk.

Le Turonien semble faire défaut dans l'Overyssel; il n'est pas connu avec certitude dans la Gueldre.

Le Sénonien est bien développé: les couches les plus anciennes (Emscher Mergel) ont été rencontrées dans les sondages de Coevorden et Ootmarsum. Dans le Limbourg méridional et la région du Peel, le Sénonien inférieur est caractérisé par des sables glauconi-

fères, le supérieur par de la craie et du tuffeau. Vers l'Ouest, l'élément calcareux devient prépondérant et le sable glauconifère, se réduisant à une couche à la base, le Sénonien acquiert ainsi les caractères du Sénonien de l'Angleterre.

Les mouvements du sol pendant la période mésozoïque sont décelés par le recul et l'avance des formations littorales et lagunaires de la partie sud-est de la Hollande.

Nous assistons ainsi aux transgressions du Jurassique inférieur vers Winterswyk et du Wealdien, à la grande transgression céno-manienne à Oploo et à Goch, à celle du Sénonien dans le Peel, le Limbourg méridional et la Campine.

Des plissements ont affecté partiellement le Crétacé supérieur aux environs de Winterswyk; de plus, les failles du Limbourg se seraient accentuées pendant le Sénonien.

Durant l'Eocène et l'Oligocène, une mer peu profonde couvre à peu près toute la Hollande, laissant émergés le Limbourg méridional et les régions frontières d'Overyssel, de la Gueldre et de Zélande. A partir de l'Eocène, les dépôts fluviaux acquièrent une telle importance qu'ils comblent graduellement cette mer peu profonde, de telle sorte que, de bas en haut et du Nord-Ouest vers le Sud-Est, on assiste au passage insensible des couches marines à des dépôts continentaux par l'intermédiaire de dépôts littoraux.

Paléocène. Le Montien n'est connu que dans la région du Peel, où il a un facies continental: argiles et sables fins avec une couche de lignite. Le Heersien et le Landenien de la Hollande orientale ont des caractères de mer peu profonde; on retrouve le caractère littoral dans le Landenien supérieur du Sud-Ouest. Comme caractères lithologiques, nous avons: gravier de silex et marnes blanches du Heersien, sables glauconifères fins et grès du Landenien inférieur, sables fins, blancs, gris et brunâtres avec débris ligniteux du Landenien supérieur.

L'Eocène proprement dit n'existe pas dans le Nord-Est de la Belgique, dans le Limbourg méridional et dans la région sud du Peel. Il est bien connu dans les parties S.-W., E. et N.-E. des Pays-Bas. On peut y distinguer les assises suivantes: l'Yprésien: argile grasse grise, intercalant de minces strates sableuses et surmontée de sables très fins verdâtres; le Bruxellien (facies Panisélien): quelques mètres d'argile grasse verdâtre et des sables argileux passant à des sables glauconifères avec grès; ensemble

s'étendant du Laekenien à l'Asschien inclus et composé comme suit : gravier de *Nummulites laevigatus* et *N. scaber* ; sable fin gris, avec grès, à *N. Heberti-variolaris* ; sable fin gris avec grès à *N. Orbigny-Wemmelensis* ; bande noire riche en *N. Orbigny-Wemmelensis* ; argile grasse gris foncé et sables verdâtres, très fins.

Hormis le Limbourg méridional, où le débouché d'un fleuve a provoqué le dépôt de couches saumâtres, les dépôts marins de l'Oligocène ont recouvert la Hollande entière. Le Tongrien est représenté par des sables glauconieux avec *Ostrea ventilabrum*, à la base desquels se voit un gravier renfermant des cailloux de phosphorite, des silix roulés et des dents de requins. Ensuite, viennent les sables fins verdâtres, légèrement argileux à *Nucula compta* du Rupélien inférieur, les argiles vert foncé, sableuses, avec septaria et *Leda Deshayesiana* du Rupélien supérieur. Localement, dans le Limbourg méridional, il y a, à la base du Rupélien, un facies saumâtre à *Cerithium plicatum* et à *Cyrena semistriata*. L'Oligocène supérieur est caractérisé par des sables glauconieux, fins, légèrement argileux.

Pendant le Miocène, le littoral recule vers le Nord jusqu'à une ligne Swalmen-Brüggen. Au Sud de cette ligne, nous trouvons le Miocène continental. Ces dépôts sont bien connus dans la partie centrale du Limbourg où ils sont formés de sables très quartzeux, très fins, micacés et de couches argileuses peu nombreuses.

Le Miocène marin est formé d'un ensemble de sables glauconieux, très fins, argileux, micacés que leur teinte foncée permet de distinguer des sables oligocènes. L'auteur y a distingué des couches à *Panopaea Menardi* qu'il synchronise avec les sables d'Edeghem et qu'il range dans le Miocène moyen, et des couches à *Pectunculus pilosus* (= sables noirs d'Anvers), dont il fait le Miocène supérieur. La partie inférieure de cet étage semble donc faire défaut. Le Miocène marin affleure dans les régions frontières de la Gueldre et de l'Overijssel.

La faune et la flore du Pliocène dénotent un refroidissement notable, précurseur de l'époque glaciaire. On assiste de plus en plus à l'empiètement du SE vers le NW du facies fluvial sur le facies maritime de telle sorte qu'à la fin du Pliocène, des dépôts continentaux se constituent dans une grande partie de la Hollande. Ce sont des graviers quartzeux (*Kieseloolithe*) et des sables grossiers à stratification entrecroisée, avec des lentilles de graviers fins, d'argile et,

dans le Limbourg méridional, de couches de lignite. Ces dépôts ne se retrouvent pas sur les horsts.

Le Pliocène marin renferme les assises suivantes : à la base, il y a une couche de sable glauconifère plutôt grossier avec débris de poissons, os de cétacés et fossiles roulés du Miocène. On y rencontre *Lingula Dumortieri* et *Ditrupa subulata*. Le Diestien, reconnu dans la Zélande et la partie ouest du Brabant septentrional, est représenté par des sables coquilliers glauconifères, partiellement argileux, à faune marine. Au-dessus viennent les sables glauconifères gris vert et vert clair, à espèces littorales, du Poederlien-Scaldisien, qui est connu au Sud d'une ligne Rotterdam-Utrecht et qui affleure dans la Flandre zélandaise près de Kauten. L'Amstélien est constitué par des sables très fins, micacés et de l'argile sableuse, alternant avec des sables plus grossiers à faune marine (littorale). Dans la partie centrale du pays, les faunes marines des couches supérieures sont remplacées par des espèces terrestres. L'étage supérieur est l'Icénien : sables fins et moyens, renfermant localement du gravier fin, des silix et des coquilles roulées. A Woensdrecht, on y a trouvé *Astarte borealis* et *Neptunea despecta*.

Les deux cinquièmes du territoire hollandais sont recouverts de dépôts pleistocènes qu'on peut diviser en deux parties : le Diluvium fluvial (graviers du Rhin et de la Meuse, graviers de la haute terrasse) dont l'ensemble forme un delta gigantesque s'étendant depuis Liège et Bonn jusqu'à la côte orientale de l'Angleterre et jusqu'au Doggersbank de la mer du Nord, c'est le Diluvium méridional ; et le Diluvium glaciaire et fluvio-glaciaire, contemporain de la troisième période glaciaire, et qui est dû à la fonte de la calotte glaciaire scandinave. Ce dernier qui est appelé Diluvium septentrional ou scandinave, recouvre les dépôts fluviaux au Nord d'une ligne Nimègue-Leyde.

Il y a, en outre, des dépôts pleistocènes plus récents : signalons les couches marines d'Eem à *Bittium reticulatum* de la Hollande du Nord et de la vallée de l'Eem, et le löss du Limbourg méridional qui est postérieur aux dépôts de la haute et moyenne terrasse, mais antérieur aux dépôts de la basse terrasse.

Comme dépôts holocènes, citons les dépôts de mer peu profonde à l'Ouest d'une ligne Muiderberg-Gouda-Dordrecht-Gorkum-Bergenop-Zoom et les alluvions modernes des cours d'eau. C'est de cette époque que date la formation du cordon dunal, qui donna lieu à la région des polders.

Parmi les mouvements récents du sol, l'auteur signale l'approfondissement notable des trois grandes fosses qui sont jalonnées par Duren's Hertogenbosch-Amsterdam, Venlo-Amersfoort, Duisbourg-Deventer-Kampen. Ainsi, la grande fosse Sittard-Ruremonde serait descendue de 500 mètres par rapport aux horsts, depuis le Miocène. Actuellement encore, le sol hollandais aurait des tendances à descendre; les mesures prises indiquent une descente séculaire de 5 à 10 centimètres pour la côte de la Frise, de 10 à 12 centimètres pour la côte occidentale (1).

CHAPITRE III.

Stratigraphie du houiller productif par le Dr. Jongmans.

M. Jongmans fait un rappel historique de ses opinions antérieures et passe ensuite à l'étude stratigraphique du houiller par régions, savoir: Woensdrecht, le Limbourg méridional, le Peel, les sondages de Winterswyk et de Buurse. Ces derniers n'ont fourni que des données incomplètes.

A) La flore trouvée dans le houiller de Woensdrecht est un mélange de formes du Houiller moyen et du Houiller inférieur. L'auteur place les couches recoupées dans le Houiller inférieur (assise d'Andenne + assise de Chokier); elles sont plus anciennes que les couches de charbon maigre de Westphalie.

B) *Limbourg méridional*. — Le houiller a la composition suivante, de haut en bas:

« Maurits groep »: richesse en charbon assez régulière. A la partie supérieure, nombreuses couches de houille peu épaisses

(1) La question de l'abaissement du sol des Pays-Bas fit l'objet d'une discussion suscitée par la Société géologique des Pays-Bas en octobre 1916, et à laquelle prirent une part active MM. Blaupot ten Cate, Blink, Beekman, Giffen, Molengraaf, Rammer, Steenhuis et Tutein Nolthenius. Cfr. *Geologisch-Mijnbouwkundig Genootschap voor Nederland en Koloniën*. Verslagen der Geologische Sectie, 2^e partie, t. IV, 1916, pp. 120-233. Une note de M. Van der Sleen, sur le même sujet, a paru dans le tome VII, 1918, pp. 273-275. — Voir aussi: D. H. S. Blaupot ten Cate. *Verhandelingen van het Geol.-Mijnbouwk.-Genootschap*, Géol. série, t. VI, 2^e partie, 1918, pp. 259-266.

réunies en faisceaux; en un point, banc intercalé à *Lingula*. Couches plus épaisses à la partie inférieure. A la base, niveau à *Lingula* recoupé en de nombreux points.

« Hendrik groep »: à la partie supérieure, couches de houille nombreuses et épaisses; grande abondance de *Neuropteris callosa*. Partie inférieure, très pauvre; en général, une couche exploitable, — parfois, un petit faisceau, — sous laquelle il y a une zone arénacée. A deux reprises, à la base de cette zone, on a recoupé un banc à *Lingula*. Des banes à lamellibranches se rencontrent aussi dans cette assise.

« Wilhelmina groep »: vers la partie supérieure, de nombreuses couches de houille réparties inégalement dans les divers sondages, ce qui rend la synchronisation difficile. Base: couche *Furth* (de la région de la Wurm). Dans la zone inférieure, les veines exploitables sont mieux caractérisées, la richesse en charbon est régulière. Le niveau *Steinknipp* en constitue la base.

« Baarlo groep »: Zone pauvre, stampes gréseuses épaisses.

Au point de vue de la teneur en matières volatiles, on constate, pour les mêmes couches, une augmentation dans la direction du Nord-Ouest, ce qui concorde avec les observations faites dans les régions voisines.

c) *Région du Peel*. — Le horst du Peel est divisé en trois compartiments longitudinaux; ci-après les assises recoupées dans chacun d'eux:

Horst oriental: zone inférieure de *Wilhelmina groep* et *Baarlo groep*.

Fosse centrale: *Wilhelmina* et *Baarlo groep*.

Horst occidental: zone inférieure de *Maurits groep*, *Hendrik groep* et zone supérieure de *Wilhelmina groep*.

La composition des assises est, en gros, identique à celle qui a été constatée dans le Limbourg.

Le *Maurits groep* est caractérisé par l'abondance de *Neuropteris callosa*; on n'y a pas trouvé de niveau à *Lingula*.

Dans le *Hendrik groep*, il y a une zone riche renfermant abondamment *N. tenuifolia* et encore quelques *N. callosa*, et une zone pauvre dans laquelle il n'y a qu'une couche ou un faisceau de couches.

La zone supérieure du *Wilhelmina groep* est constituée par de nombreuses couches plus irrégulières, caractérisées souvent par l'apparition de *N. microphylla* et riches en *Linopteris* et *N. obliqua*.

La richesse en charbon diminue en descendant ; vers la base on trouve un groupe de deux couches qui correspondent aux couches *Voss* et *Sonneschein* de la Westphalie.

Le *Baarlo groep* représente les charbons maigres de la Westphalie.

La teneur en matières volatiles augmente dans la direction du Nord-Ouest. De plus, on aurait constaté que, pour un même niveau, la teneur est plus riche sur le horst oriental que dans la fosse, plus riche au centre que sur le horst occidental ; et que, dans un même compartiment, la teneur augmente vers le Nord-Ouest.

L'auteur passe ensuite à une étude comparative entre les régions houillères de la Hollande et les bassins de Westphalie, de Belgique et du Nord de la France. Il arrive aux conclusions suivantes :

1° La distinction de quatre grandes zones qu'il a dénommées en Hollande, *Maurits*, *Hendrik*, *Wilhelmina* et *Baarlo groep*, peut se poursuivre depuis le Nord de la France jusqu'à l'Est de Westphalie ;

2° La flore de chaque zone présente partout les mêmes caractères ;

3° La teneur en matières volatiles va en diminuant depuis l'Est de la Westphalie jusqu'au Rhin et en augmentant depuis le Rhin jusque dans la Campine ;

4° Les niveaux marins, quoique constants sur de grandes distances, varient cependant énormément si l'on envisage des régions éloignées et vont même jusqu'à disparaître. De plus, il devient de plus en plus évident que ces horizons sont plus nombreux qu'on ne l'avait pensé tout d'abord.

Les résultats de ses études de synchronisation se trouvent reproduits dans un vaste tableau que nous résumons ci-dessous.

HOLLANDE	WESTPHALIE	CAMPINE	LIÈGE SERAING	MONS
<i>Maurits groep.</i> Zone supérieure : 500 à 600 m. Banc à <i>Lingula</i> (Limbourg)	Partie supérieure des charbons à longue flamme.	Zone 1 et partie supérieure de zone 2.	Partie riche au-dessus de Dure Veine (la D. V. au-dessus de Naviron).	Zone du Flénu.
Zone inférieure : environ 150 m. Banc à <i>Lingula</i> (Limbourg).				Petit Buisson.
<i>Hendrik groep.</i> Zone supérieure : environ 300 m.	Partie inférieure des charbons à longue flamme et charbons à gaz.	Partie inférieure de zone 2.	Partie moins riche entre Dure Veine et Naviron Niv. à <i>Lingula</i> de la veine Naviron.	Petit Buisson à Petite Désirée.
Zone inférieure : 100 à 150 m. Base : partie gréseuse et localement, niv. à <i>Lingula</i> .				Petite Désirée à Plate Veine.
<i>Wilhelmina groep.</i> Zone supérieure : ± 300 m. Niv. Rauschenwerk-Groot Athwerk.	300 m. Niveau marin à goniatites au-dessus de Röttgersbank.	Charbons gras.	Zone 3 : environ 240 m.	Zone riche : 300 m.
Zone inférieure : ± 200 m.				Niveau marin au-dessus de Grande Veine.
Zone inférieure : ± 200 m.	200 m. Grès et conglomérat <i>Sonnenschein</i> (Stein Knipp).		Zone 4 : environ 160 m.	Zone plus pauvre et gréseuse : 150 m. Stenaye.
<i>Baarlo groep.</i> Zone sup. et moyenne : ± 700 m. Zone inférieure : épaisseur ?	Charbons maigres.		Zone 5 : ± 750 m.	Partie très pauvre : 580 m. jusqu'au Calcaire carbonifère. Godinette au Calcaire carbonifère.

La colonne du tableau de M. Jongmans relative aux bassins houillers du Nord de la France a été construite d'après les données publiées par M. Defline au Congrès de Toronto (1913). Elle ne peut évidemment être maintenue, les publications postérieures de MM. Barrois et Carpentier ont, en effet, démontré que les divers faisceaux distingués par les auteurs, et notamment par M. Defline, sur la base de la teneur en matières volatiles, sont la répétition plus ou moins complète d'une même série.

CHAPITRE IV.

Considérations sur les régions minières et sur les résultats de l'étude géologique du Limbourg méridional.

I. — Région du Peel.

A) Région minière à l'Est de Ruremondé dans les communes de Vlodrop et de Melick-Herkenbosch.

La région a une superficie d'environ 1,000 H.A. Le houiller se rencontre sous un revêtement de 400 à 450 mètres de morts-terrains dont voici la succession :

Holocène (5 à 15 mètres) : dépôts fluviatiles de la terrasse principale de la Meuse ;

Miocène continental (38 mètres) : sables blancs et foncés, et lignites du Bas-Rhin ;

Oligocène marin (environ 200 mètres) : sables glauconifères et argiles à *Septaria* ;

Paléocène (100 à 150 mètres) : sables fins glauconifères avec grès du Heersien ; argile compacte et sables fins du Montien ;

Sénonien supérieur : calcaire compact ou oolithique, gris clair, alternant avec du tuffeau.

Le Houiller recoupé appartiendrait à la partie supérieure du *Wilhelmina groep* ; on y rencontre une couche de 3^m50 et plusieurs couches de plus de 2 mètres d'épaisseur ; les couches inclinent régulièrement vers le Nord.

L'auteur évalue à 60.3 millions de tonnes, les ressources en charbon existantes entre les profondeurs de 450 et 700 mètres. La teneur en matières volatiles est de 14 à 18 %. Il conclut que cette région est favorable à l'établissement d'un siège minier qui pourrait avoir une production annuelle de 800,000 à 1,000,000 de tonnes d'un charbon

dont la qualité semble excellente ; peut-être y trouvera-t-on aussi des charbons propres à la navigation. En ce qui regarde le fonçage des puits, il est à remarquer que les couches paléocènes et crétacées sont très aquifères ; aussi le procédé par congélation est-il à préconiser.

La situation au point de vue des moyens de transport est favorable, la voie ferrée Anvers-Gladbach passant à proximité.

b) Région minière du Peel proprement dit. — Cette région couvre une étendue de 20,000 hectares, dont 14,000 ont une épaisseur de morts-terrains de 650 à 800 mètres, et 6,000 hectares avec une épaisseur variant de 800 à 1,200 mètres.

Les sondages ont recoupé les couches suivantes :

Holocène (10 à 18 mètres) : formations fluviatiles de terrasses ;

Miocène supérieur et moyen, marin, passant à des formations continentales à l'Est d'une ligne Swalmen-Belfeld. Ce sont des sables très fins, micacés et argileux qui sont de vrais sables bouillants à l'Est de la Meuse (130 à 170 mètres) ;

Oligocène supérieur (150 à 200 mètres) : sable glauconifère fin avec bancs coquilliers passant à des sables argileux et localement à de l'argile sableuse ;

Oligocène moyen : argiles à *septaria* (80 à 140 mètres) reposant sur 10 à 40 mètres de sables fins, parfois bouillants, légèrement glauconifères ;

Paléocène (80 à 160 mètres) : argile à fossiles marins du Landenien et du Heersien supérieur ; sable glauconifère fin du Heersien inférieur ; sables argileux et argiles du Montien avec débris de végétaux et lignite.

Au Nord d'une ligne Liessel-Sevenum, de l'Eocène proprement dit apparaît au-dessus du Landenien.

Le Crétacique (\pm 200 mètres) comprend le tuffeau blanc et gris blanc représentant le Danien et le Maestrichtien, les marnes et calcaires marneux de Wulpen, les sables argileux et marnes sableuses grises et vertes de l'assise de Herve avec quelques bancs calcaireux et des lentilles disséminées de graviers, enfin des argiles à végétaux alternant avec des sables aquifères et qui représentent l'assise d'Aix-la-Chapelle.

Le Triasique et le Permien apparaissent au Nord d'une ligne qui relie Meijel à Maasbree ; on a recoupé les parties moyenne et inférieure du Triasique inférieur et des marnes intercalées de grès et de calcaires de la zone inférieure du Zechstein ou Thuringien. A la base, un conglomérat grossier.

Houiller. — Au point de vue industriel, la partie méridionale du horst oriental est d'une valeur nulle; l'exploitation de la partie septentrionale est problématique, vu la pauvreté en charbon; en effet, on n'y a rencontré que la partie inférieure du *Wilhelmina groep*. Dans la région méridionale du compartiment central, — la seule connue, — on a recoupé la zone supérieure du *Wilhelmina groep*. Les ressources en houille sont grandes dans le horst occidental où l'on rencontre les deux assises supérieures. Les couches ne dépassent nulle part deux mètres; les épaisseurs de 0^m60 à 1^m20 sont très rares. En règle générale, les couches inclinent légèrement en moyenne vers le Nord.

Les ressources en houille sont données dans un tableau que nous reproduisons ici :

RESSOURCES EN MILLIONS DE TONNES.

a) Au-dessus de 1,200 mètres.

	Teneur % en matières volatiles					TOTAUX
	35 à 30	30 à 25	25 à 20	20 à 14	< 14	
Horst oriental. . .	—	—	—	235	—	235
Fosse centrale. . .	—	226.2	330.6	—	—	556.8
Horst occidental. .	102	208.8	382.8	220.4	—	914
TOTAUX . . .	102	435	713.4	455.4	—	1,705.8

b) Réserves d'avenir au-dessous de 1,200 mètres.

	Teneur % en matières volatiles					TOTAUX
	35 à 30	30 à 25	25 à 20	20 à 14	< 14	
Horst oriental. . .	—	—	—	—	—	—
Fosse centrale. . .	—	—	236.6	87	—	323.6
Horst occidental. .	—	127.6	81.2	208.8	58	475.6
TOTAUX . . .	—	127.6	317.8	295.8	58	799.2

Les régions qui entrent, en tout premier lieu, en ligne de compte pour une exploitation éventuelle sont la partie méridionale de la fosse centrale (3,000 H.A.) et la majeure partie du horst occidental, s'étendant depuis Swalmen jusqu'au-delà d'Helenaveen (6,000 H.A.). Le fonçage des puits rencontrera des difficultés grandes, mais non insurmontables, et sera, de ce fait, très coûteux.

II. — Régions minières de la Gueldre et de la Twenthe.

Les recherches géologiques faites dans ces provinces depuis 1908 ont amené la découverte de deux régions importantes au point de vue minier: la région à l'Est et à l'Ouest de Winterswyk, et la région de Buurse-Hengelo.

Région de Winterswyk. — Superficie, 7,000 hectares. La puissance des couches aquifères du Cénozoïque ne dépasse pas cent mètres. Les couches mésozoïques et permienues sont sans danger, à part une zone aquifère éventuelle dans les calcaires et dolomies cassotés du Thuringien. Le fonçage des puits ne rencontrerait donc pas de graves difficultés.

Dans le Thuringien, il y a une épaisseur de sel gemme de 150 mètres; les couches salines, dont la quantité est évaluée à 22,050 millions de tonnes, se rencontrent à 700 mètres de profondeur vers le Sud et à 1,000 mètres vers le Nord. Il y a, de plus, au sein du Triasique inférieur, une couche de sel gemme de 20 à 30 mètres; dans le sondage de Ratum, elle avait disparu, par suite de dissolution.

Le sel gemme renferme souvent des sels potassiques, principalement du sel dur (*Hartsalz*) et parfois de la sylvinite qui lui sont intimement liés. Dans le mélange, on trouve à peine 2 à 5 % de K₂O, teneur trop faible pour une exploitation; localement, existent des bancs où le pourcentage s'élève à 14.6 %.

L'auteur ne prévoit pas la découverte de sels potassiques exploitables.

La formation houillère se rencontre à des profondeurs variant entre 1,000 et 1,300 mètres. Les ressources en charbon de la région, jusqu'à une profondeur de 1,400 mètres, sont évaluées à 324.8 millions de tonnes; la teneur en matières volatiles varie de 34 à 37 %.

Région de Buurse-Hengelo. — Superficie, 5,500 hectares. Les sondages ont montré que les morts-terrains sont composés comme

suit : sur 50 à 120 mètres, Quaternaire et Eocène aquifères ; 750 à 850 mètres de Triasique inférieur qui renferme une couche de 30 mètres d'épaisseur de sel gemme et d'anhydrite ; on en évalue la quantité à 2,100 millions de tonnes.

Après avoir traversé le Thuringien, dont les couches salines sont plus épaisses qu'à Winterswyk, on a atteint le Houiller à une profondeur de 1,200 à 1,250 mètres. Les données acquises sont insuffisantes pour passer à l'évaluation des ressources en sel et en charbon de la région.

III. — Résultats des recherches géologiques faites dans le Limbourg méridional.

A) Stratigraphie.

Pliocène, facies continental : complexe formé de graviers très quartzeux, de sables, d'argiles et de lignites qu'on rencontre sous le gravier de la terrasse principale, dans les parties effondrées.

Miocène, facies continental : sables quartzeux avec lignite et un niveau caractéristique : une couche de silex bleus bien roulés.

Oligocène supérieur : sable peu glauconifère à faune marine. Dans l'assise moyenne, on a la succession suivante : argiles sableuses avec septaria et un banc de graviers à la base ; sables argileux, légèrement glauconifères à *Nucula compta* et débris ligniteux ; argile verdâtre à faune saumâtre à Cérithes et à Cyrènes. L'assise inférieure est caractérisée, à l'Ouest de Heerlen, par des sables glauconifères argileux à faune marine (*Ostrea ventilabrum*), se terminant à la base par un gravier avec silex, nodules de phosphorite et dents de requins ; à l'Est par des sables légèrement glauconifères avec lignite, débris de bois et traces d'une faune saumâtre.

Paléocène. On a recoupé quelques mètres d'argiles montiennes dans le sondage de Lutterade.

Le Crétacique affleure dans la partie sud du Limbourg et disparaît sous les couches tertiaires au Nord d'une ligne Meersen-Fauquemont-Heerlen.

Le Sémonien supérieur est représenté par la craie maestrichtienne et la craie de Gulpen. Le Maestrichtien est une craie tuffeau avec des horizons renfermant des silex, et passant, à la partie supérieure, à une alternance de tuffeau sableux et de calcaire dur. La puissance totale peut être évaluée à 150 mètres. La craie de Gulpen est constituée par un niveau de craie blanche à silex (13 mètres) représentant la craie

de Spiennes du Hainaut, et se terminant par un conglomérat avec fossiles roulés et dents de requins ; et par un niveau de craie blanche sans silex (craie de Nouvelles) épais de 45 mètres, devenant sableux et glauconifère vers la base où se voit un conglomérat.

Le Sémonien inférieur comprend les sables glauconifères de Herve (80 à 90 mètres), sables argileux et marnes sableuses vertes avec, à la base, une couche de graviers assez constante, et les sables d'Aix-la-Chapelle, sables quartzeux blancs avec lentilles argileuses blanches, brunes et violettes, parfois avec débris de végétaux. Ces derniers, dont l'épaisseur, variable, atteint 85 mètres et davantage, seraient le facies continental et côtier de l'assise de Herve.

Les sondages ont montré qu'au Nord de la faille de Heerlerheide, le Crétacique n'est plus représenté que par le Sémonien supérieur fortement réduit.

Les renseignements recueillis sur le Houiller seront donnés plus loin (c).

B) Tectonique. (Les chapitres B, C et D sont dus au géologue Reinhold).

La surface houillère se présente sous forme d'une pénéplaine inclinant légèrement vers le Nord-Nord-Ouest. L'érosion a enlevé le Houiller productif vers le Sud et l'Ouest ; au Nord, la région minière est limitée par la présence de morts-terrains allant en s'épaississant. Vers le Nord-Est, le jeu des failles a enfoui le Houiller à des profondeurs trop considérables, au-delà de la faille de la Roer.

Les plis serrés du bassin de Liège qu'on retrouve dans l'extrémité méridionale du Limbourg, se résolvent plus au Nord en larges ondulations. D'autre part, des failles transversales ont partagé le Houiller en compartiments allongés du N.-W. au S.-E. qui, eux-mêmes, sont subdivisés par trois zones de failles perpendiculaires aux premières. Ces compartiments, dont l'origine remonte à la période permo-carbonifère, auraient subi diverses oscillations pendant les périodes subséquentes ; actuellement encore, on enregistrerait des mouvements le long des failles. Les principales failles sont celles de Sandgewand, de Feldbiss, d'Heerlerheide et de Elsloo-Geul.

Le plissement du Houiller et le jeu de l'érosion font que les sondages rencontrent alternativement du Houiller supérieur et inférieur en se dirigeant du Sud-Est vers le Nord-Ouest. D'autre part, du fait que l'inclinaison moyenne des couches est plus forte que la

pente de la pénélaine paléozoïque, on rencontre au Nord des niveaux plus récents qu'au Sud.

c) *Houiller*. — Ressources.

Les ressources en houille du Limbourg méridional, au-dessus de 1,200 mètres, peuvent se décomposer comme suit :

Charbons à longue flamme (+ de 35 % teneur en mat. vol.)	206,090,000 tonnes.
» à gaz (35 à 30 %)	483,300,000 »
» gras (30 à 20 %)	1,396,700,000 »
» demi-gras (20 à 14 %)	927,200,000 »
» maigres (— de 14 %)	1,541,400,000 »

En tenant compte de la houille exploitée depuis 1847, et si on enlève 30 % pour les couches de moins de 40 centimètres, pour les dérangements et les travaux de sécurité, on arrive à un chiffre global d'environ 3,166 millions de tonnes.

En 1913, M. van Waterschoot van der Gracht a évalué les ressources existantes entre les profondeurs de 1,200 à 1,800 mètres, à 67 millions de tonnes de charbons demi-gras et maigres et à 564 millions de tonnes de charbons gras.

d) *Autres substances utiles*.

1. *Minerais*. — M. Reinhold donne un aperçu des minerais de plomb et de zinc exploités dans la région faillée de la frontière belgo-allemande et conclut à la possibilité d'existence de filons suffisamment riches dans le Carboniférien de la vallée de la Geule.

2. *Sables divers*. — On emploie pour la confection des mortiers les sables holocènes et pliocènes de la partie nord du Limbourg méridional, et les sables blancs du Sémonien inférieur des environs de Vaals, sables plutôt grossiers, à arêtes vives.

Pour la fabrication du verre et du cristal, on exploite les sables miocènes à l'Est d'une ligne reliant Schaesberg, Heerlen, Heerlenheide, Hoensbroek, Wijnandsrade et Beek. Ce sont des sables blancs, à grains fins et moyens, très purs, contenant 98.20 à 99.86 % de Si O₂.

Enfin, on emploie, comme sables de fonderie, les sables glauconifères et argileux du Hervien qui affleurent aux environs de Benzenrade et de Simpelveld.

3. *Argiles*. — Les briqueteries exploitent la couche superficielle (1 mètre) non calcareuse du löss, qui forme le manteau superficiel de la majeure partie du Limbourg méridional.

On trouve des argiles réfractaires dans les sables d'Aix-la-Chapelle

et, localement, dans le Pliocène. Il est à remarquer que la plupart des argiles intercalées dans les sables pliocènes ont une température de fusion trop basse par suite de leur teneur en Fe₂O₃, Mg O. Des sables renfermant jusqu'à 10 % de kaolin et intercalant des lentilles d'une argile gris clair et blanche se rencontrent à l'extrémité méridionale de la province ; malheureusement ces couches sont trop éloignées de toute voie de communication.

4. *Roches calcareuses*. — Le tuffeau de Maestricht exploité activement à la Montagne Saint-Pierre et à Fauquemont sert de pierre à bâtir ; la résistance à l'écrasement est de 4 kgr. par cm² (1). Par suite de sa porosité et de sa grande teneur en carbonate, on s'en sert pour le marnage. Il ne convient pas à la fabrication du verre blanc, sa teneur en fer étant trop forte, mais il entre dans la fabrication du verre noir et vert pour bouteilles. Les silex sont employés dans la fabrication du papier d'émeri, de meules artificielles, etc.

La partie inférieure du Maestrichtien ou craie de Kunrade, est composée de couches dures exploitées comme pierre à bâtir et de couches tendres servant au marnage des champs. On en fait aussi de la chaux. Cette assise est exploitée activement dans de nombreuses carrières, depuis Schin-sur-Geule et, plus loin vers l'Est, vers Heerlen et Simpelveld.

5. *Matériaux pour le ciment Portland*. — On exploite, à ces fins, la couche de base de la craie très quartzreuse de Gulpen.

Passant en revue les différentes roches calcaires et argileuses qui affleurent dans le Limbourg, l'auteur conclut qu'il s'y trouve de nombreuses couches propres à entrer dans la composition du ciment Portland.

6. *Lignite*. — Les conditions d'exploitation du lignite sont assez défavorables : les régions sont relativement peu étendues, on a une épaisseur moyenne de 8 mètres de couches de couverture pour 7^m50 de lignite, ce qui met les exploitations hollandaises en état d'infériorité marquée avec les allemandes — (1 mètre de revêtement pour 3 mètres de lignite) — qui, de plus, ont à leur disposition des moyens de communication moins coûteux. Ce fut la rareté du combustible en Hollande et les difficultés d'importation pendant la guerre qui amenèrent l'exploitation des couches de lignite. Ces

(1) De plus amples détails se trouvent dans L. Keuller, Notice sur les pierres à bâtir du terrain crétacé du Limbourg belge et hollandais. *Ann. Société géologique de Belgique*, t. XXXIX, 1911-1912, pp. B 390-399.

couches sont d'âge miocène à l'Ouest de la faille de Sandgewand, d'âge pliocène à l'Est de cette fracture.

Voici les renseignements connus actuellement et fournis par le Bureau central des lignites de Delft: teneur en eau 52 %, cendres 8 %; pouvoir calorifique : 2,500 tel quel ; 6,000 à 6,500 après séchage et purification.

CHAPITRE IV.

Quelques considérations sur le fonçage des puits au travers des couches aquifères et sur l'exploitation minière à grande profondeur.

M. van Waterschoot van der Gracht donne les résultats acquis en Hollande et en Campine à l'aide des procédés par congélation ou par cimentation. Il conclut que, théoriquement, à 600 mètres, on n'a pas encore atteint la limite d'applicabilité du procédé par congélation pour lequel les difficultés augmentent fortement en profondeur.

Passant à la région du Peel, il fait remarquer qu'à l'Est de la Meuse, tout le Tertiaire est aquifère, à part les marnes landeniennes et heersiennes; à l'Ouest, l'Oligocène en entier et la partie moyenne du Miocène sont secs. Il y a, ensuite, une zone très aquifère (50 à 100 mètres) dans le tuffeau et la craie de Nouvelles. Plus bas, on ne rencontrerait aucune difficulté. De ces données, il résulte que le procédé par congélation s'impose jusqu'à une profondeur de 475 mètres, jusqu'à la rencontre des marnes paléocènes. La craie de Nouvelles pourrait être cimentée. Le point délicat est la traversée du tuffeau, pour lequel le procédé par cimentation n'est guère applicable avec assez de sécurité, par suite des propriétés filtrantes de la roche.

Les exploitations à grande profondeur sont limitées par la température et par le surélévement des frais d'exploitation dus à l'augmentation des pressions du terrain. En ce qui concerne la température, il n'y a, d'après l'auteur, aucune raison pour avancer que l'exploitation ne puisse descendre jusqu'à 1,400 à 1,500 mètres dans le Peel et la Hollande orientale. Dans la partie sud-occidentale du Limbourg, les températures semblent être plus élevées.

Quant au second point, qui est d'ordre purement économique, on ne peut donner aucune règle générale, puisque les conditions

varient de siège à siège. Toutefois, l'expérience montre que c'est surtout à partir de 800 mètres que les difficultés et, par conséquent, les frais augmentent.

L'auteur termine ce chapitre en indiquant les exploitations les plus profondes des pays voisins. Retenons-en qu'en Angleterre et en Belgique on est descendu jusqu'au-dessous de 1,200 mètres, que 4 puits dépassent 1,000 mètres en Westphalie, que dans la Saar et en Silésie aucun puits n'était, en 1912, à plus de 800 mètres de profondeur.

CHAPITRE V.

CONCLUSIONS.

Les études du Service des Recherches ont donné les résultats suivants : Dans la région du Peel (étendue : 19,500 H.A.) il y a 1,766,100,000 tonnes de charbon au-dessus de 1,200 mètres et une réserve possible de 799 millions de tonnes.

Les ressources de Winterswijk (7,000 H.A.) au-dessus de 1,400 mètres, sont de 22,050 millions de tonnes de sel gemme, et 324,800,000 tonnes de charbon d'une teneur en matières volatiles de 37 à 34 %.

Les environs de Buurse-Hengelo (5,500 H.A.) renferment dans le sous-sol 1,575 millions de tonnes de sel gemme; enfin, le Limbourg méridional a des ressources en charbon, au-dessus de 1,200 mètres, évaluées à 3 165,903,527 tonnes et dans le Nord-Ouest, une réserve de 600 millions de tonnes.

Les ressources en charbon de la Hollande s'élèvent donc à 5,256,803,527 tonnes, plus les réserves.

D'autre part, les recherches ont rendu probable l'existence de matières utiles à des profondeurs exploitables, dans les régions suivantes : du sel gemme du Triasique inférieur dans la partie nord de la région de Winterswijk et sous Eibergen, du sel gemme à des profondeurs de 400 à 500 mètres au Nord et à l'Ouest de la région Buurse-Hengeloo, de la houille vers la profondeur limite dans la région Buurse-Hengeloo.

Dans un épilogue, l'auteur préconise la fondation d'un Service géologique qui aurait pour but l'étude et la conservation des nombreuses collections minéralogiques et paléontologiques réunies par le Service des Recherches, et le rassemblement et la coordination de toutes les données géologiques concernant la Hollande, afin de préparer la révision de la carte géologique du pays.

Esquisse tectonique des gisements houillers belges, hollandais et westphaliens, et des régions septentrionales limitrophes

(Annexée au Rapport annuel pour 1914, pl. III et reproduite
dans le Rapport final, pl. 13).

PAR

W. VAN WATERSCHOOT VAN DER GRACHT.

Fragment réduit à l'échelle approximative de 1/850.000.

LÉGENDE :

-  Cénozoïque (enlevé dans les régions minières).
 -  Crétacique supérieur (celui du Limbourg n'est pas indiqué).
 -  Crétacique inférieur.
 -  Jurassique.
 -  Triasique et Permien.
 -  Extension probable du Houiller.
 -  Bassins houillers.
 -  Calcaire carbonifère.
 -  Famennien.
 -  Frasnien, Givétien.
 -  Dévonien inférieur.
 -  Cambro-silurien.
 -  Failles reconnues } La flèche indique la partie affaissée.
 -  hypothétiques }
 -  Charriages.
 -  Limite probable des massifs paléozoïques dans la Campine et près de Geldern.
 -  Limite entre le Houiller productif et le Houiller stérile.
 -  Zone probable du premier seuil continental mésozoïque.
 -  Zone probable du deuxième seuil continental.
 -  Sondage ayant atteint le Paléozoïque
 -  — n'ayant pas atteint le Paléozoïque
 -  — n'ayant pas dépassé le Pliocène
 -  — — le Miocène
 -  — — l'Oligocène
 -  — — l'Eocène
 -  — — le Diluvium
 -  108 Profondeur à laquelle un étage a été recoupé
 -  (-335) L'étage n'a pas été atteint à cette profondeur
 -  751 Profondeur du paléozoïque
 -  (1125) Le paléozoïque n'a pas été atteint à cette profondeur.
- | | |
|-----|---------------------------|
| K | = Argile à blocaux. |
| BGD | = Diluvium supérieur |
| OGD | = Diluvium inférieur. |
| P | = Pliocène (en général). |
| PI | = Icélien. PA = Amstélien |
| PP | = Poederlien. |
| PD | = Diestien. M = Miocène. |
| O | = Oligocène. |
| OS | = Argile à Septaria. |
| EA | = Asschien (Eocène). |

