

SUR
LES RECHERCHES DU SEL
EN CAMPINE

PAR

X. STAINIER,

Docteur en sciences naturelles

Membre de la Commission de la Carte Géologique de Belgique

Professeur à l'Université de Gand

La Belgique si riche en productions minérales de toute espèce est, comme on le sait, tout à fait dépourvue de gisements de sel et elle est, partant, tributaire de l'étranger pour alimenter sa grande industrie chimique. Aucun espoir de combler cette lacune n'existait, jusqu'au moment où les sondages entrepris, en Campine, au début de ce siècle, pour la recherche du charbon, décelèrent la présence, dans cette région, des terrains permians et triasiques. Comme ce sont ces deux terrains qui sont, par excellence, les réceptacles des gisements salins, on pouvait concevoir quelque espoir de combler la lacune.

Aussi la Société Solvay, dont le rôle prééminent, dans l'industrie soudière est trop connu pour qu'il soit nécessaire d'insister, envisagea-t-elle immédiatement la possibilité d'entreprendre des sondages dans la région septentrionale du Limbourg où l'existence de ces deux terrains venait d'être révélée.

La Société Solvay me fit alors l'honneur de me consulter à ce sujet et, de commun accord avec mon ami

M. Alfred Lemonnier, Ingénieur-directeur à la Société Solvay, nous examinâmes les chances de réussite que présentait la Campine, au point de vue de l'existence du sel, ainsi que les endroits les plus favorables aux recherches.

C'était en 1904; les recherches immédiatement entamées furent poursuivies sans interruption, pendant cinq ans. Au prix de grandes dépenses et après avoir surmonté des difficultés techniques inusitées, on réussit à forer sept sondages.

La ténacité et l'esprit d'initiative de la Société Solvay n'ont pas été récompensés comme ils le méritaient, puisque le résultat immédiat, la rencontre de gisements de sel, n'a pas été atteint. Mais, comme nous le dirons plus loin, ces recherches ont élucidé la structure géologique de la partie la plus inconnue du territoire belge; elles ont fait découvrir des faits de la plus haute importance au point de vue général et enfin elles ont rendu la présence du sel, en Campine, extrêmement probable.

C'est assez pour assurer à la Société Solvay la conscience d'avoir rempli les devoirs que sa haute position dans l'Industrie lui impose et assez aussi pour lui assurer la reconnaissance du monde savant. D'autant plus, qu'avec une générosité que l'on ne saurait trop louer, elle a autorisé la publication intégrale des résultats obtenus, pour enrichir le patrimoine commun de nos connaissances géologiques.

Je compte diviser ce travail en trois parties. Dans la première, je développerai les considérations qui donnaient quelque espoir de succès aux recherches. Dans la deuxième, j'exposerai le résultat des recherches et enfin, dans la troisième, je montrerai les conséquences que l'on peut tirer, de ces résultats, au point de vue de l'existence du sel et de recherches futures.

PREMIÈRE PARTIE.

Probabilités de l'existence du sel en Campine.

A l'époque déjà lointaine où nous examinâmes la question, M. Lemonnier et moi, les raisons que l'on pouvait avoir de conseiller des recherches de sel, dans le Nord du Limbourg, étaient d'ordre très général. La géologie de cette contrée était à peu près inconnue, car on n'y avait guère pratiqué que quelques sondages superficiels, pour le levé de la Carte géologique; mais on possédait cependant un indice important, c'est que tous les sondages pratiqués sur la bordure Nord du bassin houiller de la Campine, recoupaient les roches rouges.

En effet, les cinq sondages suivants avaient, antérieurement à 1904, recoupé, entre le houiller et le crétacé, des roches dont l'âge donna lieu à de longues discussions. Ce sont :

- Le sondage n° 31, d'Eelen n° 1;
- n° 6, d'Opplabbeek (Louwel);
- n° 40, de Gruitrode;
- n° 60, d'Helchteren (Kruysven);
- n° 64, de Rothem.

Des discussions qui eurent lieu sur l'âge des roches recoupées il résulta que ces roches appartenaient vraisemblablement au trias et au permien.

Un autre indice favorable fut fourni par la rencontre au sondage N° 28 de Beeringen d'échantillons de sel gemme. De l'étude qui fut faite par MM. Forir et Lohest de ce gisement, il résulta qu'il s'agissait d'une faille dans le terrain houiller, contenant des débris de roches rouges et du sel gemme.

En possession de ces deux faits, il était possible de comparer le bord Nord de notre bassin houiller de la Campine avec le bord Nord du bassin de la Rhur. On sait en effet qu'à la suite de recherches successives, poursuivies sur la fin du siècle dernier et au commencement de celui-ci, on découvrit sur la lisière Nord de ce bassin une extension considérable des terrains permo-triasiques, dans lesquels la Société Solvay rencontra un énorme gisement salifère, aux environs de Wesel, dans des couches appartenant au Zechstein.

La découverte de ce gisement salifère avait été précédée, comme chez nous, de la rencontre de trias et de permien, non salifères sur leur biseau terminal vers le Sud. De plus on avait plusieurs fois rencontré, dans les travaux des charbonnages, plus au Sud, notamment au charbonnage Gneisenau, des crevasses traversant le terrain houiller, avec débris de roches rouges salifères, comme à Beeringen.

On pouvait donc se bercer de l'espoir que des sondages pratiqués au Nord des cinq sondages que nous avons cités plus haut, rencontreraient aussi, en Campine, du permien salifère. Mais ce n'est pas tout.

Le Zechstein n'est pas partout salifère. Une étude de la répartition des gisements connus n'avait montré :

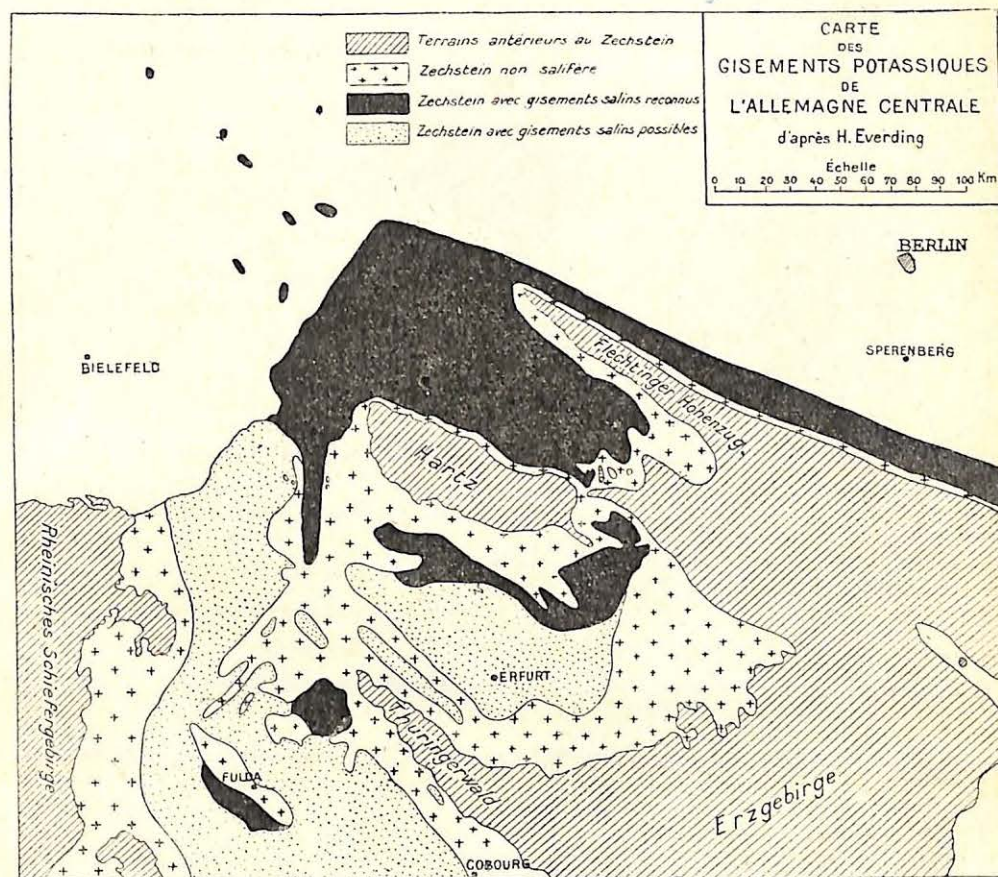
1° Que les amas de sel se trouvent surtout le long du rivage méridional de la grande mer du Zechstein qui a recouvert la plus grande partie de l'Allemagne;

2° Que le long de ce rivage ces amas sont surtout concentrés et sont particulièrement importants dans les golfes qui se dessinent entre les promontoires ou relèvements de terrains paléozoïques antérieurs au Zechstein;

3° Que dans chacun de ces golfes le sel fait défaut aux affleurements du Zechstein, et est concentré au centre et au fond du golfe.

Ces trois faits ressortent de la façon la plus évidente de

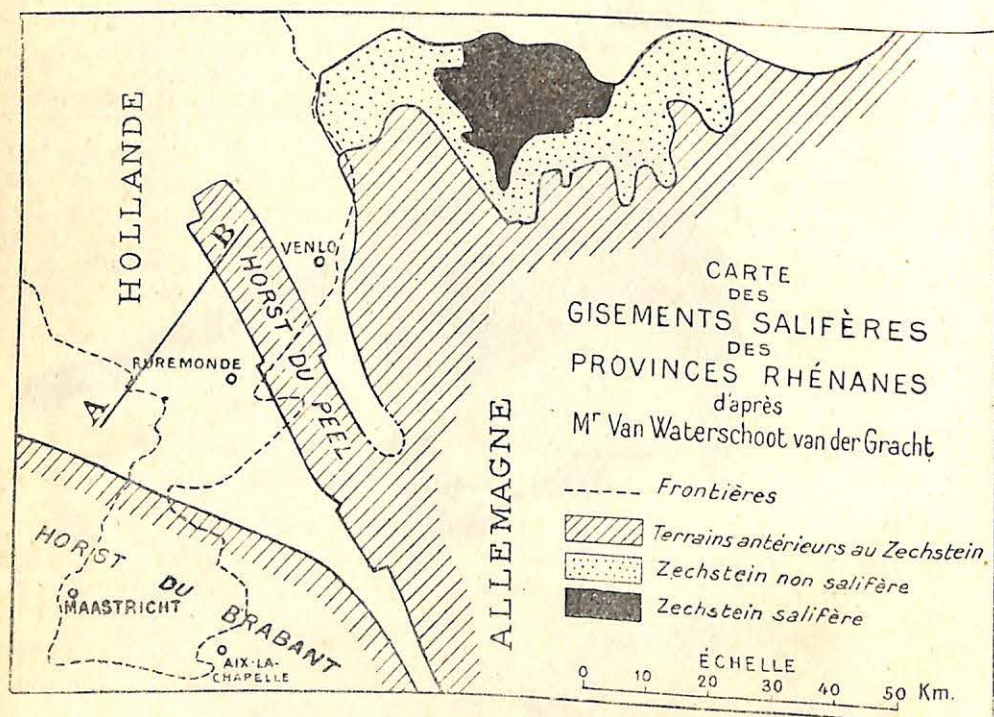
l'examen des belles cartes qui accompagnent l'important travail que M. H. Everding a consacré à la description des gisements salifères du permien allemand (Cf. *Deutschlands Kalibergbau. Theil I. Zur Geologie der Deutschen Zechsteinsalze von H. Everding. Abhandl. d. k. preuss. geol.*



Pl. I.

Landesanstalt. Neue Folge Heft 52). Comme ce travail est épuisé et par conséquent peu accessible je crois utile de reproduire pl. I ce qui, dans ces cartes, est nécessaire à l'intelligence de cette partie de mon travail.

Ces faits s'expliquent d'ailleurs aisément si l'on admet la théorie de la formation des gisements de sel d'Ochsenius qui suppose que les puissants amas de sel du permien allemand doivent leur origine à l'évaporation de cuvettes marines situées le long des rivages et ne conservant plus avec la haute mer qu'une communication imparfaite. Comme l'a rappelé Ochsenius, nous avons de nos jours un



Pl. 2.

exemple frappant de ce mode de formation des gisements de sel, dans le Golfe de Karaboghaz, sur les rives orientales de la mer Caspienne. L'afflux des eaux salées de la haute mer vers ces cuvettes marines expliquerait admirablement l'énorme épaisseur locale de certaines couches de sel que l'évaporation des mers les plus profondes du globe

n'aurait pas suffi à produire. Ces cuvettes auraient donc constitué de véritables chaudières de concentration alimentées sans interruption par le chenal mettant ces cuvettes en communication avec la pleine mer.

M. Everding, dans son travail, ne s'est pas occupé du bassin salifère rhénan, ni naturellement de la Campine, mais il est aisé de voir que l'on observe dans ces régions les mêmes particularités de répartition des gisements salifères, comme le montre la planche 2, que nous avons tracée en utilisant la planche I du travail de M. Van Waterschoot van der Gracht : *Jaarverslag der Ryksopsporing van Delstoffen over 1909*, et la planche VI du travail du même auteur intitulé : *Memoirs of the government institute for the geological exploration of the Netherlands*, N° 2.

On y voit très bien que la plateforme paléozoïque présente, dans les vallées du Rhin et de la Meuse deux golfes ou cuvettes analogues à celles que l'on observe dans le centre de l'Allemagne (voir pl. 2).

Comme la cuvette de la vallée du Rhin contenait un riche gisement de sel, il n'était pas téméraire d'espérer en rencontrer également dans la cuvette de la vallée de la Meuse. C'est un argument que j'ai déjà exposé, sommairement, en 1903, dans mon travail : *De l'âge des roches rouges du Limbourg belge* (Bull. Soc. belge de géol., t. XVII, 1903, Proc.-verb. p. 180).

Puisque, en Campine comme dans la vallée du Rhin et dans l'Allemagne centrale, le biseau terminal du permien ne renfermait pas de sel, on avait chance d'en rencontrer en se plaçant plus loin des bords du bassin permien. Par conséquent, en raisonnant par analogie, seule méthode logique dans l'espèce, on pouvait espérer, en sondant plus au Nord, rencontrer dans le permien des gisements de sel.

Arrivés à ce point de nos études il était impossible

d'aller plus loin dans la voie de l'induction, il ne restait plus qu'une chose à faire, c'était d'entamer les recherches, si l'on voulait serrer la solution du problème de plus près, au moyen de nouvelles données fournies par ces recherches. C'est à quoi la Société Solvay se décida résolument et en 1904 elle entama les recherches, dont nous allons voir les résultats.

DEUXIÈME PARTIE

Résultats des sondages.

De 1904 à 1909, sept sondages furent successivement forés. Au point de vue de leurs résultats, comme aussi au point de vue chronologique, on peut les diviser en trois séries :

PREMIÈRE SÉRIE : Sondage d'Aldeneck ;
Sondage de Ven I ;
Sondage de Ven II ;
Sondage de Molenbèersel ;
Sondage d'Eelen II. (100)

DEUXIÈME SÉRIE : Sondage de Meuwen II. (98)

TROISIÈME SÉRIE : Sondage de Neeroeteren. (99)

PREMIÈRE SÉRIE

En 1907, après l'exécution des quatre premiers sondages de la liste précédente, nous avons déjà eu l'occasion de publier la coupe de ces sondages et les déductions que l'on peut en tirer au point de vue de la structure de la région, dans le travail intitulé : *La géologie du Nord-Est du Limbourg d'après de récents sondages* (Bull. Soc. belge de géol., t. XXI, 1907, Proc.-verb., p. 135-156). Aussi nous pourrions nous contenter de rappeler ici les principaux résultats de ces sondages.

Mais depuis l'époque où ce travail a été publié, la découverte de l'oligocène supérieur en Campine, désormais acquise, me force à modifier quelques-unes des interprétations émises au sujet des coupes de ces sondages. D'ailleurs après l'apparition du travail, les échantillons de ces sondages ont été examinés par M. Van Waterschoot van der Gracht et par M. Wolf, paléontologiste allemand, qui ont reconnu que les fossiles considérés comme miocènes étaient en réalité d'âge oligocène supérieur.

En conséquence nous donnons ici la coupe résumée rectifiée de ces sondages.

Sondage d'Aldenecky.

Il n'y a rien à modifier concernant ce sondage.

Sondage de Ven I.

Age	NATURE DES ROCHES	Epaisseur	Base à
Campinien <i>Q2s</i>	Sable graveleux rouge-brun avec lits argileux et argile brune	4.00	4.00
Campinien <i>Q2n</i>	Cailloutis parfois cimenté par de la pyrite ou ligniteux	22.00	26.00
Amstélien (sables à lignites supérieurs).	Argile plastique noire ou blanche, sable blanc ou jaunâtre, fin, parfois graveleux. Lignites.	158.50	184.50
Poederlien Scaldisien Diestien	Sable gris, glauconifère ou vert, glauconifère, parfois graveleux avec lits d'argile verte	70.50	255.00
Miocène (Sables à lignites inférieurs).	Sable blanc	11.50	266.50
Oligocène sup. Aquitainien	Sable vert, très fossilifère. Par places, banes de <i>Pecten</i>	59.50	326.00

Sondage de Ven II.

Il n'y a rien à modifier concernant ce sondage.

Sondage de Molenbeersel.

Age	NATURE DES ROCHES	Epaisseur	Base à
<i>Alm</i>	Alluvions	0.50	0.50
Campinien <i>Q2s</i>	Sable jaune et bleu argileux	9.50	10.00
Campinien <i>Q2n</i>	Sable gris très graveleux avec couches de graviers et de gros galets. Sable aggloméré en grès. Lignite	14.30	24.30
Amstélien	Sable gris ou blanc, parfois ligniteux, lits graveleux, grès blanc, bois fossile	197.70	222.00
	Sable gris ou blanc avec argile grise et banes de grès blanc	74.20	296.20

Poederlien Scaldisien Diestien	Sable vert ou gris verdâtre, argileux	232.00	528.20
Sable à lignites inférieurs	Sable argileux gris ou blanc avec banes de grès très dur	79.90	608.10
Oligocène sup. Aquitainien	Sable gris clair, micacé, un peu glauconifère	180.00	788.10
—	Sables gris ou noirs, fossilifères	67.00	855.10
—	Sables graveleux, très glauconifères, très fossilifères (à 859 mètres, niveau très fossilifère)	145.00	1000.10
Oligocène rupélien	Argile brun-rouge.	11.00	1011.10
—	Argile grise, plastique	25.00	1036.10
—	Sable argileux, gris-verdâtre	2.00	1038.10
Oligocène tongrien	Sable glauconifère, fossilifère.	12.00	1050.10

M. Van Waterschoot (1), dans un mémoire que nous aurons souvent l'occasion de citer dans ce travail, considère que les dernières couches du sondage sont encore d'âge oligocène supérieur. Il nous semble bien difficile de ranger dans cette division des roches aussi bien caractérisées que celles dont nous donnons la description et dont il existait de bons échantillons. L'oligocène supérieur ne renferme jamais de banes d'argile plastique.

Le résultat de loin le plus important de l'exécution des quatre premiers sondages a été de révéler l'existence, dans le Nord-Est du Limbourg, d'un énorme *Graben* ou fosse remplie de terrains tertiaires récents et dont le fond est à une profondeur telle qu'on n'a pu l'atteindre, quoique le sondage de Molenbeersel ait été poussé à l'énorme profondeur de 1,050 mètres. La présence de cette fosse dont rien ne pouvait faire prévoir l'existence, a eu pour conséquence

(1) Cf. VAN WATERSCHOOT VAN DER GRACHT: *Memoirs of the Government Institute for the geological exploration of the Netherlands*, n° 2, 1909, p. 12.

immédiate de ruiner toutes les espérances que l'on pouvait concevoir sur la région au point de vue de la rencontre du permien, car il est certain que celui-ci est renfoncé à des profondeurs telles qu'il est pratiquement hors d'atteinte. Je me hâte cependant d'ajouter que des phénomènes tectoniques locaux pourraient, comme nous l'exposerons plus loin, modifier notablement ce que cette affirmation a de trop absolu.

Depuis la publication de mon travail précité, l'existence de cette fosse, son tracé et son remplissage n'ont cessé de recevoir des éclaircissements de plus en plus nombreux du chef des belles recherches entreprises par le Service officiel de prospection minière hollandais, sous la direction éclairée de M. Van Waterschoot van der Gracht et dont les résultats ont été publiés par lui et par ses collaborateurs MM. Huffnagel, Klein et Tesch, dans une série de travaux remarquables et spécialement dans les rapports annuels sur les opérations du service (*Jaarverslagen over 1907, 1908 en 1909*), et dans les Mémoires du même service (Mémoires Nos 1 et 2).

Grâce à de nombreuses recherches par sondages poursuivies avec une grande unité de vues, suivant un plan parfaitement déterminé, on a pu déterminer, dans le Limbourg hollandais, le horst ou bourrelet qui forme, par là, la limite nord-est de la fosse. On a par conséquent indiqué nettement l'extension de cette fosse, l'allure de son bord septentrional, la nature de son remplissage. Pas plus là que chez nous les sondages n'ont pu atteindre le fond de la fosse dont le remplissage s'est montré constitué par les mêmes terrains tertiaires récents et quaternaires que chez nous.

Je n'insisterai pas sur les résultats des sondages de la Société Solvay au point de vue de la connaissance des dépôts tertiaires supérieurs et quaternaires de cette portion

du Limbourg, ces résultats n'ayant pas de relation immédiate avec la question des gisements de sel. Je me contenterai de dire que ces sondages ont montré l'existence, dans la région, de plusieurs couches très puissantes de sables à lignites.

L'exécution du cinquième sondage, celui d'Eelen II, n'a fait que confirmer l'existence de la fosse et il a de plus montré, malheureusement, que son bord se trouvait encore plus au sud qu'on aurait pu le croire. En effet, ce sondage n'était pas encore sorti du sable tertiaire à la profondeur de 976 mètres à laquelle il a été abandonné. On se rendra compte de l'extension de la fosse vers le sud en réfléchissant que le sondage d'Eelen II n'est qu'à 2,400 mètres du fameux sondage d'Eelen I, qui fut le point de départ des recherches de M. A. Dumont en Campine et qui le premier recoupa, dans cette région, les roches rouges. Par rapport à la direction probable du bord de la fosse, le sondage d'Eelen I n'est qu'à 1,500 mètres du point le plus éloigné où ce bord puisse passer et rien ne prouve que cette distance ne soit pas beaucoup plus courte. On voit donc que l'on ne peut que se féliciter que ce mémorable sondage d'Eelen I, le premier d'une série qui devait amener la découverte du riche bassin de la Campine, que ce sondage, dis-je, ne soit point tombé dans le graben. Il est certain, en effet, que si ce premier sondage, au lieu de recouper des roches rouges, était resté jusque plus de 1,000 mètres dans des sables aquifères, ce résultat aurait suffi pour décourager les initiatives les plus tenaces et pour retarder peut-être pour longtemps la découverte du houiller de la Campine.

S'il était encore nécessaire après les beaux travaux précités exécutés en Hollande, de démontrer que les bords de cette fosse sont constitués par des failles normales à inclinaison raide et non par des flancs de vallées d'érosion, il

suffirait de remarquer que la base du tertiaire se trouve, au sondage d'Eelen I, à la profondeur de 529 mètres (base du heersien) et qu'au sondage d'Eelen II on se trouvait encore à 976 mètres dans l'oligocène. Sur la distance de 1,500 mètres il y a donc une dénivellation de 450 mètres au minimum.

Voici maintenant la

Coupe résumée du sondage d'Eelen II.

Cote d'après la carte de l'Etat major : + 32 mètres.

Coordonnées par rapport à l'angle nord-est de la feuille au 1/40000^e de Reckheim : long. O. = 10,560 m.; lat. S. = 845 m.

	Épaisseur	Base à	
<i>Quaternaire.</i> . . . Alluvions (<i>Alm</i>). Argile jaune . . .	2.00	2.00	
	Campinien (<i>Q2s</i>). Sable graveleux . . .	1.00	3.00
	Campinien (<i>Q2n</i>). Cailloutis	17.00	22.00
<i>Pliocène.</i> Amstelien : Sables à lignites supérieurs.	155.80	179.80	
	Poederlien, Scaldisien, Diestien : Sable glauconifère, fossilifère	348.20	528.00
<i>Miocène (?)</i> Sables à lignites inférieurs	82.00	610.00	
<i>Oligocène supérieur</i> Aquitanien : Sable glauconifère, fossilifère (banes de <i>Pecten</i>) et banes de grès vers le bas	332.00	942.00	
<i>Oligocène moyen</i> Rupélien supérieur : Argile sableuse, grise, fossilifère	34.60	976.60	

Ce sondage a montré, comme les quatre premiers, l'énorme épaissement des formations tertiaires dans le graben. Comme eux, il a aussi montré de façon indiscutable, l'existence de deux couches de sables à lignites séparées par des formations glauconifères marines. A l'exemple de nos collègues hollandais je suis porté à ranger les sables inférieurs dans le miocène, jusqu'à preuve du contraire.

Grâce aux deux sondages d'Eelen nous connaissons maintenant de façon assez précise la position du bord sud

du grand graben auquel M. Van Waterschoot van der Gracht a donné le nom de Graben de Ruremonde-Sittard. Ce bord se trouve en effet entre ces deux sondages. Nous allons essayer de voir s'il existe encore d'autres données permettant de tracer la direction de ce bord vers l'ouest. Nous verrons alors que deux données vont nous permettre d'esquisser ce tracé.

PREMIÈRE DONNÉE. — En examinant les coupes des deux sondages pratiqués par M. Mourlon pour le levé de la carte géologique de Belgique au moulin de Gruitrode et au hameau d'Opitter, on voit immédiatement qu'une faille doit passer entre ces deux sondages. En effet, quoiqu'ils ne soient qu'à 1,200 mètres l'un de l'autre, leurs deux coupes sont complètement différentes et il est évident que le sondage d'Opitter est déjà tombé dans la grande fosse tertiaire, d'après sa coupe, et qu'il a traversé les sables à lignites supérieurs. D'après l'étude des affleurements on voit même que les couches du pliocène marin du sondage de Gruitrode se poursuivent jusqu'à mi-chemin entre les deux sondages. Le passage du bord du Graben est ainsi serré de près et l'on peut alors voir que ce passage longe le pied du remarquable escarpement qui limite vers le nord-est le pied des collines limbourgeoises.

DEUXIÈME DONNÉE. — Les deux points que nous fournissent, d'une part, les deux sondages d'Eelen et, de l'autre, la première donnée, nous permettant de tracer approximativement le bord du Graben et de constater que ce bord est à peu près orienté nord-ouest à sud-est.

Or le remarquable escarpement en pente raide qui limite les collines limbourgeoises reste parallèle à la Meuse et aligné du nord au sud jusqu'en face de Neeroeteren, juste là où cet escarpement vient rencontrer le bord du Graben. A partir de ce point, cet escarpement tourne brusquement au nord-ouest pour longer le Graben jusque Opitter et

garde cette direction avec une remarquable rectitude bien plus loin encore. Il nous paraît qu'il y a là une coïncidence qui n'est pas fortuite. Il semble éminemment probable que cette nouvelle direction de l'escarpement est déterminée par la présence du Graben et par conséquent on peut prolonger bien loin vers le nord-ouest le bord du Graben en lui faisant longer le pied de l'escarpement.

Nous ajouterons que, dès 1907, M. A. Briquet arrivait à des conclusions analogues à celles que nous venons d'émettre, par l'étude des deux données que nous venons d'exposer. [Cf. A. BRIQUET : *La vallée de la Meuse en aval de Liège* (Bul. soc. belge de géol., t. XXI, 1907, Mém., p. 347) et *La vallée de la Meuse en aval de Sittard* (*ibid.*, t. XXII, 1908, Proc.-verb., p. 366).]

M. Van Waterschoot (Cf. op. cit.: *Mem. of the Government Inst.*, etc., p. 422 et suiv.) a signalé des faits en tout semblables concernant les failles qui limitent, en Hollande, les horst du Peel et de Winterswyck et a montré les conséquences importantes que l'on peut en tirer, au point de vue pratique, pour la reconnaissance de la géologie profonde d'un pays. Nous verrons plus loin aussi le parti qu'il y a lieu de tirer, pour la Campine, des ingénieurs procédés qu'il a si bien utilisés pour arriver à une connaissance plus grande du sous-sol de son pays.

DEUXIÈME SÉRIE

Lorsque l'on eut reconnu, par les cinq sondages précédents, que l'on ne pouvait espérer rencontrer, dans la région occupée par le Graben, des terrains salifères à une profondeur industriellement exploitable, il fut décidé de se reporter plus au sud, afin d'explorer le palier de roches permo-triasiques dont l'existence était connue sur le bord sud du Graben. C'est alors que fut foré le sondage de Meuwen. Cette localité assez occidentale avait été choisie

parce que les sondages qui avaient traversé ces roches à proximité de la Meuse n'y avaient point rencontré de gisement salifère. Le sondage fut poursuivi jusque la profondeur de 1,008^m95 à laquelle il dut être abandonné par suite d'un accident. Comme il n'avait traversé que le Buntsandstein supérieur et le sommet du Buntsandstein moyen, terrains qui sont rarement ou jamais salifères, ce sondage ne put, naturellement, donner d'indications utiles au point de vue spécial du sel.

Nous avons donné, en détail, la coupe de ce sondage, dans un travail spécial auquel nous renvoyons (Cf. X. STANIER : *Le sondage de Meuwen* (Ann. Soc. géol. de Bel., t. XXXVI, 1909, Bull., p. 297).

Voici la coupe rectifiée de la partie supérieure du sondage :

Age		Épaisseur	Base à
<i>Quaternaire</i>	Comme dans la coupe citée		21.00
<i>Poederlien</i>	Sable un peu argileux, vert bleuâtre clair	6.40	27.40
<i>Sables à lignites inférieurs</i>	Sable fin, quartzeux, violacé, à grandes lamelles de mica blanc	16.60	44.00
<i>Oligocène supér. aquitanién</i>	Sable jaunâtre, assez rude	57.00	101.00
	Sable jaunâtre, sale, grenu, glauconifère. Grains de quartz ternis, jaunâtres ou verdâtres	10.00	111.00
	Même sable, plus rude	20.00	131.00
	Sable noir, glauconifère, pointillé de blanc. Petits débris de fossiles	20.00	151.00
	Sable plus foncé et plus fin	49.00	200.00

Oligocène rupélien : La suite du sondage comme dans la coupe.

Comme résultats amenés par ce sondage nous rappellerons ici deux des déductions que nous avons émises dans notre travail spécial sur ce sondage :

1° Il existe, dans cette partie du Limbourg, un massif d'effondrement formé uniquement de Buntsandstein,

comme étage triasique, et qui vient en contact, au sud, avec le terrain houiller, par une faille que nous appellerons faille de Rothem. Ce massif est limité au nord par une autre faille que nous appellerons faille de Neeroeteren. Il est certain que l'espace compris entre ces deux failles est bien plus grand au méridien de Meuwen qu'à celui d'Eelen. Les deux failles vont donc en s'écartant vers l'ouest et il y a chance que le massif triasique de Bunt-sandstein s'élargisse encore plus vers l'ouest, si rien ne se modifie dans cette direction ;

2° Comme on rencontre à Meuwen, malgré la position fort septentrionale du sondage, des roches triasiques moins récentes qu'à proximité de la Meuse, ce fait, s'il n'est pas dû à une érosion crétacée plus intense, prouve que les couches inférieures du trias, et le permien, s'il existe, pourraient venir d'autant plus près du crétacé que l'on s'avance davantage vers l'ouest.

Ce relèvement vers le nord-ouest dont nous venons de parler est très fort, puisqu'il amène la base des roches permo-triasiques au niveau de 887 mètres au sondage N° 60 d'Helchteren II (Kruys Ven). Sur la distance de 23 kilomètres qui sépare ce sondage du sondage N° 64 de Rothem, il y a donc relèvement de 1,171 mètres à 887 mètres, soit de 284 mètres.

321

TROISIÈME SÉRIE

Il restait encore un point à élucider. Les coupes publiées du célèbre sondage N° 31 d'Eelen I renseignant, dans les parties supérieures du trias des eaux salées, quelle était l'origine de ce sel? Un sondage fut commencé à Neeroeteren pour élucider la question.

Comme nous allons le voir, par les découvertes sensationnelles qu'il a amenées et dont les conclusions présentent une importance capitale, ce sondage restera mémorable et

peut compter parmi les plus intéressants qu'il y ait eu en Belgique. On peut en juger d'ailleurs par la coupe de ce sondage, que voici :

Sondage de Neeroeteren. 99

Cote de l'orifice d'après la carte de l'Etat-major : + 37 mètres.
Coordonnées par rapport à l'angle N.-E. de la feuille au 1/40,000°
de Reckheim : long. O. = 14,400 m.; lat. S. = 480 m.

Age		Épaisseur	Base à
<i>Campinien</i> (Q2n)	Cailloutis et argile	23.50	23.50
<i>Pliocène</i> . . .	Sables à lignites supérieurs	296.50	320.00
<i>Oligocène supérieur : aquitanien</i> :	Sables glauconifères	80.00	400.00
<i>Rupélien et Tongrien</i> :	Argile et sables	240.00	640.00
<i>Landenien inf.</i> :	Argile grise, schistoïde	50.00	690.00
<i>Heersien</i> . . .	Marne grise et blanche. Cailloutis à la base	8.00	698.00
<i>Maestrichtien</i> .	Tufeau avec bancs durcis, cristallins	52.00	750.00
<i>Sénonien : assise de Herve</i> :	Argile grise, glauconifère, avec gros grains de quartz et nodules de pyrite	5.50	755.50
<i>Jurassique : hettangien</i> :	Schistes gris-noir, brunâtres, parfois bitumineux avec écailles de poissons, alternant avec des bancs de calcaire argileux, gris, compacte à cassure conchoïdale, avec veines blanches et nodules ou cristaux isolés de pyrite. Fossiles : <i>Ammonites</i> (<i>Schlottheimia</i>) <i>angulatus</i> ; <i>Ammonites</i> (<i>Schlottheimia</i>) <i>Charmassei</i> , <i>Ostrea</i> , <i>Terebratula</i> , débris de crinoïdes. Les calcaires sont très fétides au choc et les roches sont fort bouleversées. Les inclinaisons varient de 12° à 40°. Il y a de nombreux joints de glissement fort inclinés et striés en long et de curieux petits plis locaux.	69.50	825.00
<i>Faille</i> . . .	Remplissage d'argile noire avec débris de jurassique.	2.00	827.00
<i>Rhétien (?)</i> . .	Brusquement, terrains excessivement bouleversés. La sonde ne ramène que des morceaux. Alternances de calcaire marmoréen bistré, de calcaire blanchâtre tendre, de calcaire cristallin avec amas de gypse, de		

Age		Épaisseur	Base à
—	schiste compact tendre bistre, d'argilolithe compacte vert tendre avec un peu de schiste rougeâtre et noirâtre. Quelques roches sont oolithiques, d'autres bréchiformes ou à aspect concrétionné	15.55	842.55
—	Alternance de marne gris-noir très compacte avec nids de gypse rose; de schiste gris, pyritifère et gypseux; de dolomie bréchiforme, siliceuse et très pyriteuse (inclinaison 10°); de grès gris clair, micacé avec une écaille de poisson et pyritifère	1.00	843.55
—	Calcaire argileux, compact, clair, verdâtre ou bistre avec amas ou lits de gypse fibreux et noyaux rouges lui donnant l'aspect d'une brèche	0.70	844.25
	<i>Triasique : keupérien</i> : Marne rouge, compacte, avec lits, veines ou noyaux de gypse rosé, fibreux. Par places, la marne est bigarrée de noirâtre ou de verdâtre. Vers le haut, beaucoup de couches schisteuses rouges ou bigarrées. Inclinaison 10°. Quelques plans de cassure po is et striés.	42.75	887.00
—	Schiste psammitique rouge-brique ou marbré de verdâtre ou de noirâtre avec nombreuses couches minces d'anhydrite blanche ou bleuâtre et des veines, amas, ou couches de gypse rose. Quelques intercalations de schiste noirâtre ou verdâtre. Inclinaison 12° à 20°. Quelques plans de glissement	10.70	897.70
—	Alternance de schiste psammitique rouge-brun, avec du schiste violacé ou marbré de vert et de noirâtre. Gypse et anhydrite comme ci-dessus. A la base, nombreux joints de glissement en tous sens. Inclinaison 12 à 20°	4.55	902.25
<i>Faille</i>	Argile rouge-brun, parfois légère et poreuse avec fragments arrondis de schiste	0.75	903.00
<i>Keupérien</i>	Schiste psammitique rouge-brun, marbré de noir verdâtre, avec un petit banc de grès rouge-brun. Nombreux joints de glissement.	4.25	907.25

Age		Épaisseur	Base à
<i>Faille</i>	Remplissage de faille comme à 902 ^m 25	0.75	908.00
<i>Keupérien</i>	Schiste psammitique rouge-brun, très bouleversé	0.96	908.96
<i>Faille</i>	Terrains extrêmement ébouleux où l'on n'a pu recueillir d'échantillons et dont la traversée a provoqué un accident de 6 mois.	21.54	930.50
	<i>Conchylien sup. (Hauptmuschelkalk)</i> : Calcaire marmoréen à cassure conchoïdale passant au calcaire siliceux ou argileux, de couleur vert clair, gris, bistre, rouge-brun ou marbré de ces diverses teintes. Intercalations de schiste rouge, violacé, à joints luisants ou micacés. Cassures tapissées de gypse lamellaire. Inclinaison moyenne, 12°. — <i>Anoplophora sp.</i> , <i>Lingula tenuissima</i> . Ecailles, dents et ossements de poissons	10.30	940.80
—	Schiste psammitique rouge avec bancs de macigno, le tout marbré de vert. Deux bancs de 0 ^m 05 d'anhydrite blanchâtre, grenue. Inclinaison 10°	2.75	943.55
—	Roches comme de 930 ^m 50 à 940 ^m 80, parfois à aspect bréchiforme ou noduleux. Un banc de 1 mètre de schiste psammitique brun à 949 mètres. Pas de gypse, mais des nodules, des veines et des bancs d'anhydrite grenue blanche de 0 ^m 05 à 0 ^m 40 d'épaisseur. Inclinaison 8° à 20°. Nombreuses cassures par places. Ecailles de poisson	15.05	958.60
	<i>Conchylien moyen (Anhydrit Gruppe)</i> : Alternance de calcaires gris-clair ou rougeâtres avec des calcaires dolomitiques bistrés, à joints noirs-bruns, bitumineux, avec écailles de poisson et traces végétales. Une intercalation de schiste noirâtre et une autre de schiste psammitique rouge, violacé. Cristaux de galène dans le calcaire et enduits de chalcopryrite sur les schistes. Inclinaison 10°. Petits gastropodes [<i>Turbonilla Weissenbachi</i> (?)]. Débris de coquilles	11.40	970.00

Age	Epaisseur	Base à
—	—	—
Dolomie bistre, massive, grenue, cristalline, plus rarement mate et amorphe avec amas, veines et bancs d'anhydrite pure, blanche, grenue, parfois pyritifère, de 0 ^m 10 à 0 ^m 80 de puissance. Cette dolomie alterne avec des calcaires gris, bistres ou verdâtres, marmoréens, parfois dolomitiques, parfois oolithiques. Les joints du calcaire et de la dolomie sont souvent noir-brun, bitumineux ou schisteux. Une intercalation de 0 ^m 75 de schiste feuilleté rouge-brun, marbré de noir, à 975 ^m 50, surmonté de 0 ^m 10 de gypse grenu, rosé. Inclinaison 10°. Galène dans la dolomie, au sommet. Ecailles et ossements de poisson. Débris de coquilles. Traces végétales.	19.80	989.80
<i>Conchylien inf.</i> (<i>Wellenkalk</i>): Schiste noir-verdâtre ou rouge-brun ou marbré avec noyaux calcaireux et joints luisants, gras. Un banc de 0 ^m 55 d'anhydrite zonée de lits schisteux, minces. Veines et amas d'anhydrite. Inclinaison 10° à 12°.	6.45	996.25
Calcaire très argileux, rouge-violacé avec lits schisteux, sillonnés de vermiculations psammitiques. Veines d'anhydrite	1.50	997.75
— Schiste rougeâtre ou vert clair, ou bigarré, avec des bancs de schiste zoné de minces lits clairs, calcaireux. Quelques joints de cette dernière roche montrent des surfaces ondulées, caractéristiques de ce niveau (<i>Wellenkalk</i>) ou des surfaces bosselées ou vermiculées. Lentilles et amas plus rares d'anhydrite. Mouches de pyrite. Inclinaison 8° à 10°. Ecaille de poisson.	6.75	1004.50
— Calcaire siliceux et macigno gris-jaunâtre ou verdâtre alternant avec des schistes de même teinte et des bancs d'une roche nettement zonaire à zones noir-verdâtre, schisteuses et gris-clair calcaireuses. Inclinaison 10°. — Quelques surfaces de glissement. Pseudomorphoses cubiques de sel gemme (rares)	10.55	1015.05

Age	Epaisseur	Base à
—	—	—
<i>Pocilien sup.</i> (<i>Buntsandstein sup.</i> ou <i>Röth</i>): Alternance de schiste psammitique rouge-brun ou violacé avec quelques bancs assez minces de grès calcaireux, gris-verdâtre, zonaire et des intercalations de schiste gris ou noir-verdâtre. Rares veinules d'anhydrite et de gypse rosé. Quelques surfaces de glissement. Incl. 10°.	4.95	1020.00
—	Fin	—

La coupe que nous venons de donner montre suffisamment le puissant intérêt que présente ce sondage et la variété considérable des roches recoupées. Nous en donnerons d'ailleurs la coupe détaillée dans un travail spécial. Nous allons passer maintenant en revue les faits importants que l'on peut déduire de ce sondage.

A. — Terrains tertiaires.

Le système de forage employé (trépan avec injection d'eau boueuse) impose malheureusement de grandes réserves au sujet de nos déterminations. Ainsi il se pourrait que la forte épaisseur attribuée aux sables à lignites supérieurs soit due à ce que les deux niveaux de sables à lignites soient réunis en un seul, par erreur. En effet la coupe du chef-sondeur indique la rencontre, de 131 à 173 mètres, de sable gris-vert. Si cette mention est exacte, ces sables correspondraient au pliocène marin et les sables à lignites qui se trouvent en-dessous seraient les sables inférieurs. Mais comme les échantillons venant de ces profondeurs n'étaient nullement verts, j'ai cru bien faire en ne tenant pas compte de cette mention. Naturellement toutes les indications concernant les épaisseurs et les profondeurs sont tout-à-fait incertaines. Ce qui est bien certain, et la chose est importante, c'est qu'il y a incontestablement du landenien (*Ltc*) et du heersien.

B. — Crétacé.

Un fait capital est certain aussi, c'est le niveau où l'on a atteint le sommet du crétacé et la rencontre du maestrichtien indubitable avec sa puissance habituelle. Mais en dessous, la coupe du sondage révèle un fait essentiel, c'est la réduction extrême du sénonien réduit presque à rien. Il y a bien un léger doute sur le niveau auquel aurait été rencontré le jurassique, mais ce doute ne porte que sur 9 mètres et ne change donc rien à l'importance de cette constatation. De plus il faut noter que la faible épaisseur de hervien recoupée montre un caractère littoral très net. Cette constatation, tout étrange qu'elle puisse paraître, n'a cependant rien d'imprévu. Certes, au fur et à mesure que les sondages du bassin de la Campine s'avançaient vers le nord, on y constatait que l'épaisseur des assises crétacées augmentait dans des proportions très fortes et rapidement, mais on pouvait aussi voir qu'à un moment donné cet épaissement s'arrêtait et qu'en continuant à s'avancer vers le nord, l'épaissement faisait place à un amincissement encore plus rapide, comme le montre le tableau suivant qui donne l'épaisseur du crétacé dans une série de sondages disposés sensiblement suivant une direction nord-sud et allant du sud au nord. Pour chaque sondage le chiffre supérieur donne l'épaisseur réunie du maestrichtien et des assises de Spiennes *Cp4* et de Nouvelles *Cp3* du sénonien. Le chiffre inférieur donne l'épaisseur réunie des assises de Herve *Cp2* et d'Aix-la-Chapelle *Cp1* du sénonien.

TABLEAU.

Villers-Saint-Siméon.	{ 32.20	=	42.88
	{ 10.58		
Boirs.	{ 38.70	=	92.20
	{ 53.50		
Lanaeken.	{ 153.00	=	216.00
	{ 63.00		
Sondage n° 49 d'Opgrimby.	{ 158.20	=	245.80
	{ 87.60		
Sondage n° 32 de Mechelen	{ 137.70	=	226.80.
	{ 89.10		
Sondage n° 76 d'Eysden II.	{ 179.00	=	260.55
	{ 81.55		
Sondage n° 81 d'Eysden IV.	{ 158.45	=	245.65
	{ 87.20		
Sondage n° 46 de Lancklaer.	{ 108.75	=	228.12
	{ 119.37		
Sondage n° 50 de Dilsen.		=	80.00
Sondage n° 64 de Rothem.		=	73.00
Sondage n° 31 d'Eelen I.		=	57.00
Sondage de Neeroeteren.	{ 52.00	=	57.50
	{ 5.50		

Comme on le voit, l'épaisseur du crétacé augmente régulièrement, du sud au nord, jusqu'au sondage N° 76 d'Eysden, où cette épaisseur atteint un maximum de 260 mètres. Puis en continuant vers le nord, cette épaisseur diminue pour revenir, à Neeroeteren, presque à la même épaisseur que près de Liège. Mais alors qu'il y a 31 kilomètres de Villers-Saint-Siméon à Eysden, il n'y en a que 10 1/2 d'Eysden à Neeroeteren. Cela signifie que l'amincissement vers le nord est beaucoup plus rapide que l'épaissement vers le sud et que l'on peut donc en déduire que si l'on pouvait voir ce qui se passe plus au nord encore, il est probable que l'on trouverait une région

où il n'y aurait plus de crétacé du tout. Il n'y a à cela rien d'étonnant. L'étude des sondages entrepris pour la recherche du charbon, de part et d'autre de la frontière hollando-allemande, a montré à MM. Krusch et Wunstorf, puis à M. Van Waterschoot qu'il y a, au sud de Vlodrop et d'Erkelenz, une région où le crétacé fait défaut entre le houiller et le tertiaire. Cette région n'est qu'une dépendance de la grande zone sans crétacé qui existe sur la rive gauche du Rhin, comme le montre la planche IX du travail précité de M. Van Waterschoot (*Memoirs of the Gov. Inst.*, etc.). Les constatations que nous venons de faire prouvent que cette région sans crétacé se prolonge beaucoup plus loin vers l'ouest, dans la grande fosse tertiaire de Ruremonde.

Il en découle cette conséquence très curieuse que là où actuellement il y a une énorme graben, il y eut, aux temps crétacés, un horst constituant, soit un relief continental, soit un haut-fond dont les érosions subséquentes auront enlevé la mince couverture de dépôts crétacés.

Le caractère littoral des sédiments crétacés dans cette région du Limbourg et la localisation, dans la vallée de la Meuse du faciès sableux et ligniteux de l'Assise d'Aix-la-Chapelle, parlent absolument dans le même sens.

Une preuve de l'existence, dans ces régions de massifs continentaux ou de haut-fonds, très vraisemblablement recouverts de dépôts triasiques, nous est fournie par la présence, dans les strates inférieures du crétacé du Peel, de bancs rouges ou orangés provenant de l'abrasion de roches triasiques. M. Van Waterschoot a donné des détails précis sur ces bancs caractéristiques, dans son ouvrage précité, page 390.

Dans la coupe du sondage n° 30 de Meuwen I on voit figurer, à la base du crétacé, les indications suivantes :

	Épaisseur	Base à
Grès blanc, dur, à cassures	11.00	656.00
Sable rouge	9.00	665.00
Sable verdâtre	5.00	670.00
Terrain houiller.		

On avait annoncé d'abord la rencontre du trias à ce sondage. Mais à moins que l'échantillonnage indiqué ci-dessus ne soit inexact, il est certain qu'il ne peut pas en être ainsi. Si les indications ci-dessus sont bien exactes, nous nous trouverions, comme dans le crétacé du Peel, en présence d'une roche provenant de l'érosion du trias par le crétacé, érosion due au voisinage de régions continentales ou de haut-fond.

Des faits tout-à-fait identiques à ceux que nous indiquons dans le Limbourg belge ont été également signalés dans le Limbourg hollandais, tout récemment, par M. W. C. Klein (*Grundzüge der Geologie des Sud-Limburgischen Kohlengebietes. — Ber. d. Niederrhein. Geol. Ver.*, 1909, p. 69). Sur la planche VII de ce travail, on voit en effet le crétacé diminuer progressivement en s'approchant du graben de Ruremonde. La zone d'épaisseur maximum du crétacé est tout-à-fait dans le prolongement de la zone belge. Les belles explorations du Service d'explorations minières hollandais dans le Peel ont montré que l'épaisseur des sédiments crétacés croît très rapidement en s'écartant des régions sans crétacé d'Erkelenz-Vlodrop, vers le nord-ouest. On peut donc supposer que la Haute-mer crétacée de Hollande se trouvait dans cette direction.

Dans le nord de la Belgique, on n'observe pas de fait semblable. L'épaississement du crétacé depuis la Meuse jusqu'aux points les plus éloignés connus vers le nord-ouest ne semble suivre aucune loi et se montre tout-à-fait insignifiant. C'est ce que l'on voit facilement sur le tableau suivant où j'ai disposé, de l'est vers l'ouest, les sondages présentant les épaisseurs les plus élevées de crétacé.

Sondage n° 76 d'Eysden II . . .	260 ^m 55
— n° 6 de Louwel . . .	279 ^m 65
— n° 10 de Donderslag . . .	263 ^m 58
— n° 30 de Meuwen I. . .	258 ^m 00
— n° 79 de Voort II . . .	249 ^m 00
— n° 62 de Heppen . . .	262 ^m 00
— n° 35 de Gheel I. . .	257 ^m 00
— n° 57 de Vlimmeren . . .	276 ^m 70

Comme on le voit, les plus fortes épaisseurs se trouvent presque aux deux bouts de la ligne et il n'y a aucune conclusion à tirer de ces épaisseurs. Ce qui est plus probant c'est que le caractère des assises inférieures du crétacé et tout spécialement de l'assise de Herve, présentent, dans la province d'Anvers, un faciès bien moins littoral que dans le Limbourg, surtout que dans la partie orientale de cette province. On peut donc admettre que c'est de cette direction qu'est venue la mer qui a produit la grande transgression sénonienne du nord de la Belgique. Mais comme il a existé, dans l'est de la Flandre orientale, un haut-fond très accentué, c'est très probablement par le nord de la province d'Anvers que se faisait la communication avec la mer du Nord crétacée. Il en résulte aussi cette déduction que les mers crétacées de Belgique, de Hollande et des provinces rhénanes constituaient de petites mers fort morcelées et, partant, peu profondes, contrairement à l'idée qu'on aurait pu s'en faire.

C. — Jurassique : Hettangien.

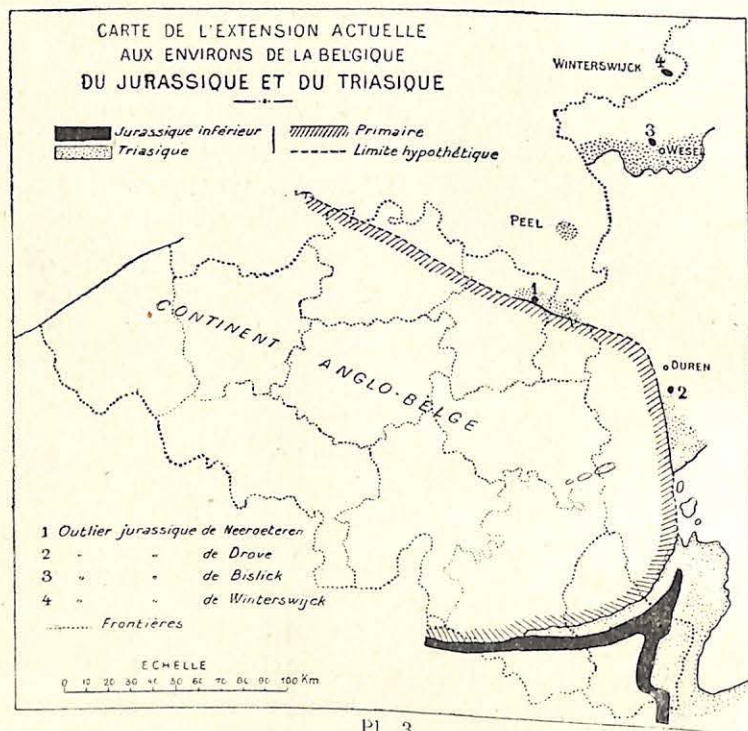
La découverte la plus sensationnelle amenée par le sondage de Neeroeteren est certainement la rencontre d'une épaisseur notable de jurassique parfaitement caractérisé par la rencontre de nombreux fossiles. J'ai en effet trouvé dans les carottes du sondage plus de 25 débris d'ammonites pyritisées dont quelques-unes en parfait état avec les sutures très nettes.

Cette découverte vient combler, avec d'autres, l'énorme intervalle compris entre les mers jurassiques du bassin de Paris et celles du nord-ouest de l'Allemagne. Antérieurement à cette trouvaille deux outiers semblables avaient déjà été signalés. Le premier fut signalé par von Dechen (Cf. VON DECHEN : *Erlaut. d. geol. Karte d. Rheinprov. u. Westphal.*, t. II (1884), p. 14 et p. 405, et M. BLANKENHORN : *Die Trias am Nordrande der Eifel. — Inaug. dissertation.* — Bonn, 1885, G. Georgi, 136 p., 3 pl.). Cet outier, situé à Drove, à mi-chemin entre Düren et Zulpich, est absolument identique à celui de Neeroeteren. Il se compose, en effet, aussi de schistes foncés avec ammonites pyritisées. Son âge est exactement le même. Enfin il est séparé du continent paléozoïque par une bordure de trias et, chose capitale, il se trouve, comme à Neeroeteren, sur un palier bordant la grande fosse tertiaire que l'on peut suivre de là jusque Neeroeteren en longeant le massif primaire de l'Eifel, d'Aix-la-Chapelle et des deux Limbourg.

Le deuxième outier jurassique a été rencontré beaucoup plus récemment au Sondage de Bislich, dans la vallée du Rhin, près de Xanten (Cf. SCHULZ-BRIESEN : *Die linksrheinischen Kohlen- und Kalisalz Aufschlüsse und das Minettlager der Bohrung Bislich. — Glückauf*, 1904). Dans ce sondage on rencontra aussi les mêmes couches jurassiques qu'à Neeroeteren, mais là le jurassique plus complet comprenait aussi, au-dessus, des couches du lias moyen avec minette oolithique, fait capital qui accentue les ressemblances de cette région avec le jurassique du nord-est du bassin de Paris.

Le massif de Neeroeteren est à 152 kilomètres au nord de Jamoigne et du jurassique du Bas-Luxembourg, là où l'assise hettangienne de la marne de Jamoigne présente identiquement les mêmes schistes avec bancs de calcaires gris et ammonites pyritisées et de petite taille. Enfin, Neer-

oeteren se trouve placé à 122 kilomètres au sud de Winterswyck, localité hollandaise, sur la frontière allemande, où les sondages ont recoupé récemment de l'hettangien avec des caractères absolument identiques (Cf. VANWATERSHOOT, *op. cit.*). Entre Winterswyck et Neeroeteren, mais bien plus près de la première localité, se trouve le sondage de Bislich.



Pl. 3.

Enfin, nous ajouterons encore que Neeroeteren se trouve à 70 kilomètres au nord-ouest de l'affleurement de Drove cité plus haut.

Est-il possible d'établir les relations d'origine qui ont existé entre ces divers outliers, c'est ce que nous allons essayer de débrouiller.

En jetant les yeux sur la carte géologique, on constate que le continent formé par le centre de l'Angleterre, la Belgique et l'Eifel occidental, reste de l'ancien soulèvement hercynien, que ce continent, dis-je, a été entouré au sud-est, à l'est et au nord-est par une ceinture continue de la mer triasique. Il paraît même probable que cette ceinture se continue vers l'ouest pour aller rejoindre la bordure triasique des Midlands d'Angleterre.

Nous avons représenté sur la planche 3 un croquis de la partie orientale de ce continent, pour montrer le tracé de cette ceinture triasique. Celle-ci est continue, comme on le voit, sauf une interruption de 50 kilomètres de Diiren à Limbricht, où la présence de la fosse tertiaire n'a pas permis d'observations.

Mais cette ceinture continue subsistait-elle encore aux temps jurassiques. Il me paraît qu'il est impossible de ne pas l'admettre lorsque l'on observe la parfaite coïncidence des deux outliers de Drove et de Neeroeteren avec cette ceinture triasique et l'identité absolue de la faune et des caractères lithologiques.

Cela n'implique nullement que cette ceinture continue ait présenté partout les mêmes conditions bathymétriques.

En effet, déjà dans le sud du Luxembourg, on voit le facies marneux et argileux de la marne de Jamoigne devenir graduellement sableux et gréseux en s'approchant du Grand-Duché-de-Luxembourg, comme l'a montré M. H. Joly (Cf. *Les fossiles du jurassique de la Belgique*. — Mém. du musée d'histoire naturelle de Belgique, t. V, 1907). En réalité, d'ailleurs, ce que l'on a appelé golfe du Luxembourg, est un détroit qui mettait en communication le bassin de Paris avec la mer anglo-allemande.

Mais, est-il possible de faire un pas de plus et de savoir si les mers triasiques et jurassiques non seulement ont entouré l'extrémité orientale du continent belge, mais, même, ont recouvert plus ou moins cette extrémité?

Lorsqu'on examine une carte géologique d'ensemble de cette région, on y constate, aussi bien en Campine que sur le bord de l'Eifel et dans les deux Luxembourg, que les affleurements des terrains, depuis le trias jusqu'au tertiaire présentent des bandes s'écartant de plus en plus du massif paléozoïque. Il semblerait donc que nous ayons là un magnifique exemple de stratification en retrait. Comme une telle disposition en retrait est due à un soulèvement lent du continent forçant les rivages de la mer à reculer de plus en plus, il semblerait au premier abord que la question doive recevoir une réponse négative. Mais, on sait que l'on peut obtenir une disposition en tout semblable à celle que présente la bordure secondaire et tertiaire de notre massif primaire, en admettant même qu'il aurait été recouvert par un manteau épais de secondaire et de tertiaire. Il suffirait pour cela de supposer que le massif primaire s'étant soulevé en dôme avec son recouvrement plus récent, l'érosion postérieure aurait nivelé le tout en mettant à nu le noyau ancien avec les tranches arrasées des terrains recouvrants.

Il faut donc attaquer le problème d'une autre façon. Si tous les terrains récents environnant le massif paléozoïque étaient en stratification en retrait, tous les affleurements devraient se présenter avec des caractères littoraux. Or, il n'en est rien. On ne trouve de dépôts littoraux, dans les formations secondaires, qu'à la base du trias et à la base du jurassique. En dehors de cela, il y a bien des étages à sédiments de mers peu profondes, mais il y en a aussi à sédiments plus pélagiques. On peut notamment citer les trois épisodes pélagiques de la Marne de Jamoigne (hettangien), du Schiste d'Éthe (liasien) et de la Marne de Grandcourt (toarcien). Cela prouve à toute évidence que le massif paléozoïque a été, pendant toute l'époque triasique et jurassique dans un grand état de mobilité,

tantôt se soulevant et refoulant la mer au loin, tantôt s'affaissant, lors des trois épisodes précités et permettant alors aux flots de l'envahir. Jusqu'où se sont étendues, sur l'Ardenne, ces transgressions jurassiques? Il serait prématuré de le dire. La question ne peut être résolue que par une étude minutieuse et avec des faits qui manquent encore. On sait cependant, que M. le baron Greindl a déjà réussi à prouver, par des considérations de géographie physique, que les mers du jurassique s'étaient étendues à 10 kilomètres plus au nord que les limites actuelles (Cf. GREINDL : *Note sur l'extension des terrains secondaires dans le Bas-Luxembourg.* — *Bull. Soc. belge de Géol.*, t. XVIII, 1904, Proc.-verb., p. 55).

Pour terminer, nous ajouterons que les découvertes de Drove, de Bislich et de Neeroeteren sont une nouvelle preuve de la prudence que l'on doit apporter dans les reconstitutions des géographies anciennes. Sans la présence de ces trois outliers perdus dans un immense territoire, il ne serait venu à l'idée de personne de supposer une aussi vaste extension des mers jurassiques avec toutes les conséquences capitales que cette extension entraîne.

D. — Rhétien.

La vaste mer qui depuis le milieu du permien jusque maintenant occupe la région située au nord du pli hercynien principal, cette mer a présenté pendant longtemps, du permien jusqu'au wealdien au moins, une grande tendance à constituer des bassins isolés dont l'évaporation donnait naissance à une gamme variée de sédiments chimiques tels que sels alcalins, gypse, anhydrite et calcaires. Cette tendance est si prononcée qu'elle a affecté non seulement le permien et le trias, qui ailleurs sont coutumiers de ces phénomènes, mais aussi le jurassique et le wealdien qui ne le présentent qu'exceptionnellement.

C'est pour cela que les roches que nous rapportons au rhétien, présentent, surtout au sommet, un aspect bien particulier et rare dans cet étage. C'est ainsi qu'on y observe surtout du calcaire très pur, de teinte claire, à texture marmoréenne et compacte, à grain imperceptible, montrant une structure rubannée et concrétionnée et, par places, de la brèche à petits éléments ou des oolithes. Or ce genre de calcaire offre les traces les plus manifestes de formation par précipitation au sein d'eaux très concentrées, probablement par évaporation. Certains échantillons pourraient facilement être confondus avec les phosphorites concrétionnées de l'île de Curaçao ou de Floride. On trouve même des veines de gypse dans certaines de ces roches.

Il est regrettable que l'état fracturé des roches n'ait permis la récolte que de fort peu d'échantillons. C'est pour cela sans doute que je n'ai pas eu la chance d'y trouver des fossiles qui auraient mis hors de doute l'âge rhétien que j'attribue à ces roches.

Une des raisons qui nous ont poussé à ranger ces roches dans le rhétien, c'est la présence, à leur base d'un petit banc de grès de couleur claire, avec écaille de poisson identique à un grès à poisson que l'on observe, dans la même position, dans le rhétien de l'Eifel (Cf. BLANKENHORN, *op. cit.*).

Triasique.

Une autre découverte non moins capitale amenée par le sondage de Neeroeteren, c'est celle du triasique moyen et supérieur parfaitement développés. Outre les conséquences au point de vue utilitaire, cette découverte est non moins importante au point de vue géologique, car elle a notamment pour effet de combler une des rares lacunes, celle de l'étage conchylien, existant dans l'échelle stratigraphique si riche de notre pays.

Avant d'entamer l'étude du terrain triasique, nous dirons que les conditions tranquilles dans lesquelles il s'est formé ont amené une lente et graduelle transformation des roches sans amener de démarcation nette entre les diverses divisions. Aussi les coupures que nous avons introduites dans l'épaisse série de sédiments du sondage, sont-elles artificielles, en partie du moins.

Si l'on ajoute à cela que je n'ai pas trouvé de fossiles caractéristiques pour toutes ces divisions, on se convaincra que pour certaines d'entre-elles, leur âge reste douteux. Cela arrive fréquemment dans les régions salifères où les fossiles sont rares à cause des mauvaises conditions de milieu. Cependant les ressemblances lithologiques, avec les divisions classiques des terrains allemands contemporains sont telles que ces divisions ne sont pas dénuées de valeur. Le lecteur appréciera leur valeur relative.

Keuperien.

Le Keuper présente à Neeroeteren les caractères du facies particulier de cet étage que les Allemands qualifient de *Gypskeuper*. C'est aussi le facies qu'il a dans les régions où il est salifère, en Lorraine française, en Angleterre. Ce qu'il a ici, qu'il ne possède pas toujours ailleurs, ce sont des veines et des lits d'anhydrite (1) qui deviennent de plus en plus importants en descendant. On sait que l'anhydrite est un des produits les plus caractéristiques des mers en voie d'évaporation et un des satellites les plus fidèles des gisements salins. C'est la première fois que sa présence est signalée en Belgique et nous la verrons tantôt encore plus développée dans l'étage suivant. Je n'ai rien vu, dans les

(1) Cependant il y a un grand développement d'anhydrite accompagnant les célèbres gisements lorrains de Vic et de Dieuze. (Conf. F. NUS : *Die angebliche Anhydritgruppe im Kohlenkeuper Lothringens*. — *Verh. des Würzburger phys.-med. Ges.* Nouv. sér., t. V [1873]). C'est une raison de plus qui milite en faveur de la probabilité de l'existence du sel dans le Keuper de la Campine.

échantillons du sondage qui rappelât, de loin ou de près, les caractères de la division inférieure du Keuper appelée en Allemagne *Kohlenkeuper* ou *Lettenkohle*. La chose n'a rien d'étonnant vu les conditions spéciales de dépôt indiquées par les caractères des roches.

La transition du Keuper à l'étage suivant est tout-à-fait insensible.

Conchylien.

Le Muschelkalk a présenté à ce sondage un remarquable développement et une succession de roches du plus vif intérêt. Je crois y avoir trouvé les trois divisions entre lesquelles les Allemands le partagent.

CONCHYLIEN SUPÉRIEUR

Cette division, le *Hauptmuschelkalk* des Allemands, présente des caractères bien différents de ceux qu'elle a dans les régions classiques où elle ne montre ni cette abondance de roches rouges, ni ces veines ou lits d'anhydrite. Cependant les calcaires intercalés dans ces roches rouges ressemblent trait pour trait à leurs équivalents allemands. Les fossiles rencontrés, n'ont malheureusement rien de spécial à aucune division du keupérien ou du conchylien. On les rencontre de haut en bas de ces deux étages. Les fossiles caractéristiques font défaut. Mais cette absence de fossiles et cette abondance de roches rouges et d'anhydrite s'explique en voyant que cette division présente aussi, ici, cette origine spéciale et ce mode de formation en mers fermées en voie d'évaporation.

M. E. Harbort a décrit un sondage aux environs de Bentheim (nord-ouest de l'Allemagne), où le muschelkalk présente aussi des caractères anormaux et montre de haut en bas des dépôts chimiques (anhydrite et dolomie) (Cf. *Ein Querprofil durch die Kreide-, Jura- und Trias-Formation des Bentheim-Isterberger Sattels*. — *Festschrift*

zum ziebzigsten Geburtstag von A. von Koenen. — Stuttgart, 1907).

CONCHYLIEN MOYEN

Cette division, l'*Anhydrit Gruppe* des Allemands, présente à Neeroeteren absolument les mêmes caractères que dans les régions où cette division est salifère, par exemple dans le Wurtemberg. On y trouve notamment une nombreuse série de bancs d'anhydrite légèrement bleuâtre et atteignant parfois 0^m80 de puissance et, en abondance, une dolomie brun bistré avec joints noirâtres. Ces deux roches accompagnent d'ailleurs aussi les gisements salifères du Zechstein et la ressemblance est telle que je crus, au premier abord, que le sondage était entré dans le permien, tant il y avait d'analogies avec les terrains que j'ai eu l'occasion d'examiner dans les sondages que la *Deutsche Solvay Werke* a fait pratiquer près de Wesel.

CONCHYLIEN INFÉRIEUR

Cette division, le *Wellenkalk* du trias allemand, est la mieux caractérisée, lithologiquement, au sondage de Neeroeteren. Ce sont en effet exactement les mêmes roches que dans les contrées classiques et sur plusieurs joints de stratification j'ai observé ces joints ondulés en forme de *Ripple-marks* auxquels la division doit son nom. J'y ai aussi vu ces petites impressions cubiques que l'on suppose être des pseudomorphoses de sel gemme en cristaux isolés.

Pocilien.

Le passage du Muschelkalk au Buntsandstein est partout tout-à-fait graduel et par conséquent une limite nette est impossible à tracer. C'est aussi le cas à Neeroeteren. Je pense cependant que le sondage a atteint le sommet de la division supérieure du Buntsandstein, le *Röth* des Allemands. En effet, les roches du fond du sondage sont nette-

ment différentes de celles du Muschelkalk, dans leur ensemble. La réapparition d'abondantes roches rouges et la similitude des caractères avec ceux du Röth, ailleurs, me permettent de croire que l'on était bien arrivé à ce niveau.

Épaisseur du Trias de la Campine.

Grâce aux sondages de Rothem, de Meuwen et de Neroeteren, il est possible de se faire une idée de la puissance des diverses subdivisions du trias de la Campine.

Le sondage de Neroeteren nous donne :

1° Pour le keupérien	86 ^m 00
2° Pour le conchylien	85 ^m 00

Le sondage de Rothem nous donne :

3° Pour le Poecilien (Buntsandstein moyen et supérieur).	440 ^m 00
Total pour le trias de la Campine	611 ^m 00

Ce chiffre de 611 mètres n'est évidemment qu'un minimum puisque le conchylien et le keupérien sont tous deux coupés par des failles, au sondage de Neroeteren.

Épaisseur du Jurassique de la Campine.

Le sondage de Neroeteren donne :

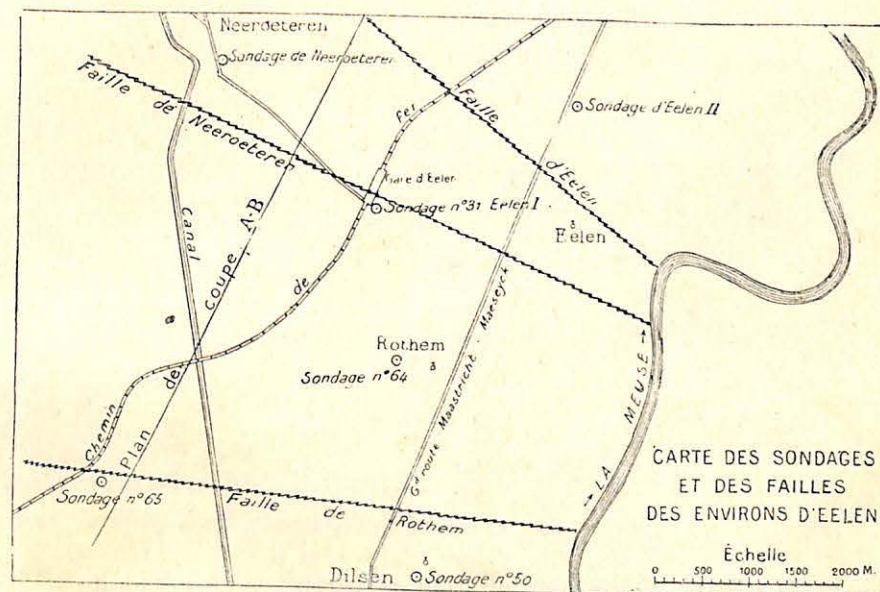
1° Pour l'hettangien	65.00
2° Pour le rhétien	17.00
Total pour le jurassique	82.00

Ce chiffre est aussi un minimum à cause des failles.

Par conséquent l'ensemble des terrains triasique et jurassique de la Campine mesure au minimum l'énorme épaisseur de 700 mètres. C'est toute cette épaisseur que les érosions post-jurassiques ont enlevée au sud des failles qui limitent le bassin houiller de la Campine et c'est grâce à l'enfoncement produit par ces failles que ces terrains ont été préservés de l'érosion.

Stratigraphie de la région.

Les découvertes amenées par les sondages de Neroeteren et d'Eelen n° 2 sont non seulement importantes aux divers points de vue que nous avons déjà énumérés, mais elles jettent encore un grand jour sur la tectonique de la région. Celle-ci se montre singulièrement compliquée et il est certain cependant que nous sommes loin d'en connaître toutes les particularités. On n'aurait jamais cru que ce



Pl. 4.

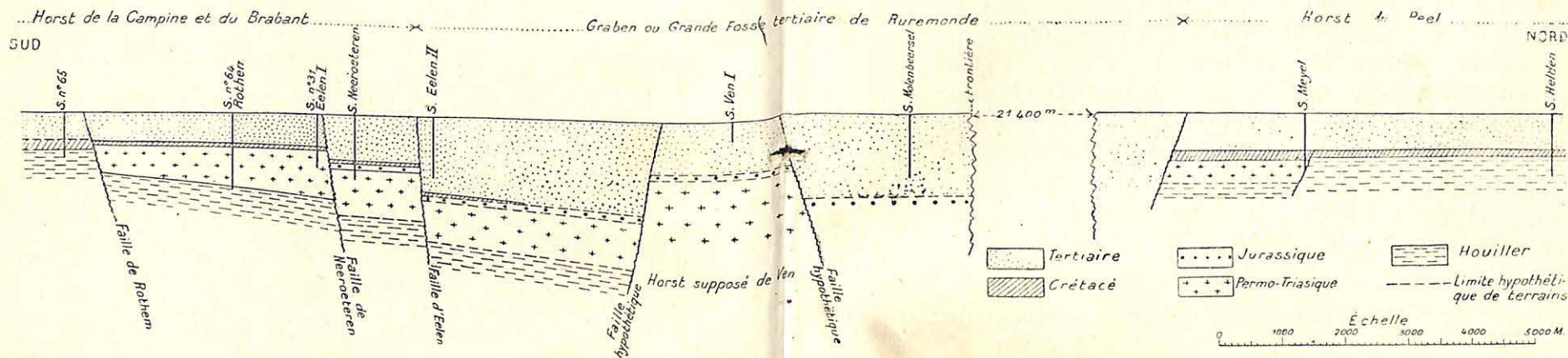
coin à surface si tranquille recélait dans son sein tant de problèmes troublants.

Il y a là, en effet, dans un territoire restreint, une série de sondages fort rapprochés dont les coupes sont tout-à-fait différentes. Nous avons représenté ces sondages sur la planche 4, et sur la coupe planche 5 (1), nous figurons

(1) Cette coupe n'est d'ailleurs que la reproduction, mise au courant des découvertes récentes, d'une coupe publiée par M. Van Waterschoot

l'allure probable des couches au voisinage de la grande fosse tertiaire. Et pour mieux faire comprendre la structure de cette fosse, nous prolongeons la coupe jusqu'au horst du Peel pour montrer son autre bord. Pour le tracé de cette coupe nous nous basons sur les considérations suivantes :

1° Au sondage n° 50 de Dilsen le houiller se trouve à la profondeur de 418^m30. Au sondage n° 64 de Rothem, qui n'est qu'à 2,400 mètres de là, le houiller est renfoncé à



Pl. 5. — Coupe au travers du Graben tertiaire de Ruremonde (suivant la ligne AB des planches 2 et 4).

Faisant avec le méridien un angle Est de 25°. — La partie hollandaise de la coupe est reproduite d'après les coupes de M. VAN WATERSCHOOT VAN DER GRACHT.

1,171 mètres. Cette dénivellation de 758 mètres est évidemment due à une faille que nous appellerons, à la suite de H. Forir, faille de Rothem. Au nord de cette faille se présente un premier palier conduisant à la grande fosse et dont la surface, sous le crétacé, est constituée par du trias dont l'affleurement, par rapport à celui du houiller au midi de la faille, est descendu de 100 à 200 mètres environ ;

2° Au sondage n° 31 d'Eelen I le sommet du Buntsandstein se trouve à la profondeur de 628 mètres environ. Ce même sommet se trouve au sondage de Neeroeteren à la

Faille de Rothem
(Forir = l'autre)
= Heerlenheids

profondeur de 1,015 mètres, soit à 387 mètres plus bas. La distance entre les deux sondages mesurée en projection sur un plan perpendiculaire à la direction probable de la faille qui les sépare, n'est guère que de 1,000 mètres. Nous appellerons cette faille, faille de Neeroeteren. Le deuxième palier au nord de cette faille a sa surface, sous le crétacé, formée par du jurassique. Cette surface, par rapport à celle du trias qui se trouve au sud de la faille, est descendue d'environ 150 mètres ;

3° Le palier dont nous venons de parler est vraisemblablement fort étroit, car le sondage d'Eelen n° 2 est resté dans du tertiaire supérieur jusque 976 mètres. L'incertitude du niveau exact des assises tertiaires dans le sondage d'Eelen II et de Neeroeteren, empêche de donner la dénivellation exacte de la faille qui sépare ces deux sondages et que nous appellerons faille d'Eelen. Vu l'intérêt que présente l'évaluation de ce rejet, nous allons cependant essayer de le calculer approximativement. Disons d'abord que la distance entre les deux sondages mesurée en projec-

Neeroeteren
(= Feldbiss)
→ 1000m
côté belge

Feldbiss

tion sur un plan perpendiculaire au bord de la grande fosse est à peine de 1,000 mètres.

La base de l'oligocène supérieur (aquitainien) est à 400 mètres de profondeur au sondage de Neeroeteren. Cette même base est reportée à 942 mètres au sondage d'Eelen II situé dans la grande fosse, soit une dénivellation de 542 mètres. En supposant que les terrains tertiaires et crétacés inférieurs à l'aquitainien aient la même épaisseur qu'à Neeroeteren, le jurassique aurait été rencontré à Eelen II à la profondeur de $942 + 355$ mètres, soit à 1,300 mètres environ. Et en admettant pour le jurassique et le triasique les chiffres que nous avons indiqués plus haut, on trouve que le houiller serait à Eelen II à la profondeur de 2,000 mètres (en ne tenant pas compte du permien). On voit l'énorme renfoncement que ce houiller a subi, sur la distance de 5,300 mètres qui sépare le sondage d'Eelen II de celui de Dilsen n° 50 (dénivellation 1,600 mètres environ).

Sur la planche 4 nous avons tracé les failles dont nous venons de parler en nous appuyant sur les raisons suivantes :

1° On peut se rendre compte assez exactement de la direction de la faille de Rothem au moyen des sondages n°s 50, 64, 65, 10 et 60 ;

2° Comme nous l'avons dit plus haut, en parlant des résultats du sondage de Meuwen II (Solvay) la faille de Neeroeteren n'a pas la même direction que celle de Rothem. Elles vont en s'écartant vers l'ouest ;

3° La direction de la faille bordière du grand graben nous est fournie par les considérations que nous avons détaillées plus haut au sujet de ce graben (page 131).

Le tracé de ces failles telles qu'elles sont représentées sur la planche est le tracé le plus simple. Avec les éléments très disséminés que nous possédons, il serait aisé

de choisir d'autres tracés, plus compliqués et peut-être plus exacts, mais dont nous préférons nous abstenir. Outre les failles importantes dont nous venons de parler, il en existe d'autres, congénères et d'allure semblable, mais à rejet beaucoup moins sérieux, le sondage de Neeroeteren en a rencontré plusieurs, comme le montre la coupe. Il y en a vraisemblablement bien d'autres.

Ainsi donc l'énorme affaissement qui constitue le graben de Ruremonde, comme l'indique bien la coupe, ne se produit pas brusquement au bord du plateau paléozoïque. En partant de ce dernier, la descente vers les grandes profondeurs atteintes par le graben se fait par gradins ou étapes successives qui ont pour effet d'amener sous la grande surface de dénudation crétacée, successivement des terrains de plus en plus récents en allant vers le nord. C'est grâce à cette descente que ces terrains récents ont été préservés de cette dénudation et nous sont connus. Nous pensons que tout le bassin houiller de la Campine lui-même n'est autre qu'un gigantesque palier de ce genre, affaissé et séparé du massif siluro-cambrien par une ou plusieurs failles normales inclinées au nord (faille du Demer et autres).

TROISIÈME PARTIE

Le sel existe-t-il en Campine ?

Tous les développements qui précèdent nous ont beaucoup éloignés du sujet principal de notre travail. Mais comme nous allons le voir, ils nous étaient indispensables pour la compréhension de ce qui va suivre.

Depuis le sondage de Neeroeteren on peut dire que la question de l'existence géologique du sel en Campine a fait un pas décisif et à ce point de vue, nous allons voir les contributions que les recherches de la Société Solvay ont apportées à nos connaissances.

SEL DU ZECHSTEIN.

Ces recherches ne nous ont rien appris d'autre que ce que nous avons rappelé plus haut au sujet des résultats du sondage de Meuwen II. Si ce que nous avons émis est vrai, c'est beaucoup plus à l'ouest seulement qu'il y aurait possibilité de trouver du Zechstein à caractère salifère, peut-être, à des profondeurs non excessives et sur un des premiers paliers méridionaux du graben.

SEL DU KEUPER.

Ici les probabilités de rencontre du sel deviennent bien plus sérieuses, vu les grandes analogies du Keuper de Neeroeteren avec celui des régions salifères. Le fait de ne pas avoir rencontré du sel à Neeroeteren ne peut être invoqué comme argument décisif contre cette hypothèse. En effet les gisements du Keuper sont connus pour leur allure absolument lenticulaire et localisée. D'ailleurs il n'est pas absolument certain que l'on n'ait pas trouvé de sel du tout à Neeroeteren. Ce que nous avons qualifié de remplissage de faille, par deux fois, dans la coupe de ce sondage n'est peut-être pas autre chose que le résidu de la dissolution d'amas de sel. Il ne faut pas perdre de vue que s'il a existé des gîtes de sel, dans l'étroit palier de Neeroeteren, ils venaient en contact, au nord, par la faille d'Eelen, avec de puissants niveaux de sables excessivement aquifères qui ont bien pu dissoudre ces amas. Dans le vaste territoire qui se développe entre la faille d'Eelen et la frontière il n'y a rien d'impossible que le fond du graben ne recèle des amas de sel dans le Keuper, qui s'étend, suivant tout vraisemblance, dans tout le graben.

SEL DU MUSCHELKALK MOYEN.

La ressemblance de cette assise à Neeroeteren, au point de vue lithologique et au point de vue de la présence des

satellites du sel est telle, avec l'assise en question dans les régions où elle est salifère, par exemple dans la vallée du Neckar (Cf. ENDRISS : *Die Steinsalzformation im mittleren Muschelkalk Wurttenbergs.* — Stuttgart 1898, A. Zimmer, in 8°, 107 pp., 5 pl. carte) que l'on peut y admettre la présence du sel avec beaucoup plus de probabilité encore que pour le Keuper. Dans cette assise là aussi les gîtes sont lenticulaires et nous pouvons répéter à leur sujet, ce que nous avons dit pour le Keuper de Campine.

SEL DU BUNTSANDSTEIN.

L'assise supérieure ou röth renferme, on le sait des gisements de sel. Chose importante on en a rencontré dans le sondage de Vreden, près de Winterswyck, des amas notables. Les sondages de la Société Solvay n'ont rien appris de neuf au sujet de cette assise dont ils n'ont d'ailleurs percé que le sommet (Neeroeteren) ou la base (Meuwen II).

D'après la coupe publiée du célèbre sondage d'Eelen I ce serait dans cette assise que se trouverait la venue d'eau salée renseignée de 628 à 653 mètres.

Quant au Buntsandstein moyen, ses caractères lithologiques excluent, pour lui, chez nous comme ailleurs, toute possibilité d'y rencontrer aucune trace de sel.

Ainsi donc les sondages de la Société Solvay n'ont pas rencontré du sel, mais ils ont fait faire un pas immense à la question, en montrant la haute probabilité de la rencontre du sel en Campine. Chose intéressante, ce sel, s'il existe, serait non pas à la base des formations permo-triasiques, comme on pouvait l'espérer d'abord, mais au contraire au sommet. On en peut tirer, me semble-t-il, des déductions très importantes.

On sait que dans une vaste zone du nord de la Belgique les eaux qui circulent dans le crétacé et dans les sables tertiaires inférieurs même, se sont montrées très salées,

comme d'ailleurs le fait a été observé en Westphalie également. Cette salure s'est étendue jusqu'au terrain houiller lui-même et se remarque aussi dans les terrains contemporains, du nord de la France. D'une étude très fouillée de la question de ces eaux salées et de leur origine, M. J. Cornet (Cf. J. CORNET : *Les eaux salées du terrain houiller*. — Ann. Soc. géol. de Belg., t. 30, Mém., p. 51-77) a été amené à supposer qu'une partie au moins de ces eaux seraient salées du fait de la dénudation de gisements salins d'âge triasique, gisements aujourd'hui disparus.

Les faits que nous venons de consigner dans ce travail apportent à cette hypothèse, une singulière confirmation. Tout d'abord il est certain que le trias a dû avoir, vers le sud, une extension bien plus grande qu'on aurait pu le croire anciennement et ainsi s'expliquerait la présence de lambeaux de roches rouges salées d'origine triasique dont M. Cornet rappelle la présence en divers points de la Belgique et du nord de la France. Comme le sel devait se trouver, d'après ce que nous venons de dire, au sommet du trias, on comprend d'autant mieux comment le sel a pu en découler vers les assises crétacées ou carbonifères amenées en contrebas par les oscillations de l'écorce terrestre.

Comme les explorations en Campine, en Hollande et dans les provinces rhénanes ont montré qu'il existe là des horst, à couverture vraisemblablement triasique qui ne sont pas recouverts de crétacé, ce fait prouve que déjà dès l'époque crétacée des formations triasiques dominaient les dépôts crétacés de ces régions et que le phénomène de salure a pu commencer de très bonne heure.

La présence côte à côte de dépôts carbonifères, crétacés et tertiaires avec des couches salifères triasiques, du fait du jeu des failles normales d'effondrement (voir la coupe pl. 5) permet même d'expliquer la salure des trois premiers terrains par une circulation latérale d'eaux souterraines.

Y a-t-il lieu de continuer les recherches de sel en Campine ?

Nous venons de voir que la présence de gisements de sel, en Campine est hautement probable, géologiquement. Si l'on ne se place qu'au point de vue scientifique, il est évidemment à désirer que les recherches soient poursuivies. Mais comme ces recherches sont extrêmement coûteuses, il est certain que les recherches ne seront pas poursuivies, si l'appât d'un bénéfice industriel ne vient pas exciter les chercheurs entreprenants à passer outre les aléas de l'entreprise. Pour épuiser notre sujet il nous reste à examiner les faces de la question qui sont surtout importantes au point de vue industriel. C'est ce que nous allons faire.

Pour satisfaire aux desiderata industriels, en semblable matière, la géologie doit répondre aux questions concernant l'existence, la puissance, l'extension et la profondeur du gisement exploitable. Ce sont là les données fondamentales à rechercher tout d'abord.

Nous croyons avoir fourni, sur les premiers points, toutes les indications qu'il est possible de se procurer actuellement. Il nous reste à parler des deux derniers.

PROFONDEUR DES GISEMENTS.

Pour des gisements de sel dont l'exploitation peut se faire au moyen de sondages, sans devoir créer des puits et sans devoir trop s'inquiéter des dégâts commis à la surface, dans une région aussi pauvre que le nord-est du Limbourg, la question de profondeur ne joue pas un rôle aussi prohibitif que pour d'autres substances minérales. Néanmoins il ne faut pas dépasser certaines limites et il est certain que si, dans toute l'étendue de la zone où l'on peut espérer rencontrer du sel, il devait se maintenir à la profondeur qu'il atteint vraisemblablement sous les sondages d'Eelen II

et de Molenbeersel, il n'y aurait pas lieu, dans les conditions actuelles, de rechercher des gisements de sel industriellement inexploitable. Mais il se peut que cette profondeur ne soit pas aussi grande partout. Deux régions nous paraissent présenter de l'intérêt à ce point de vue.

PREMIÈRE RÉGION. — Comme nous l'avons vu précédemment, le passage du bassin houiller ou horst de la Campine à la grande fosse tertiaire, ne se fait pas brusquement. Il y a entre les deux un ou plusieurs paliers ou gradins dans l'un desquels est entré le sondage de Neeroeteren et où il a recueilli de si précieux indices sur la présence du sel. Un premier point intéressant donc, ce serait de continuer l'exploration de ces paliers vers le nord-ouest. Eu ne s'éloignant pas trop, dès l'abord, de Neeroeteren, on aurait chance de ne pas avoir des profondeurs trop considérables à atteindre. On ne peut pas en effet considérer comme suffisamment explorés ces paliers dont l'étendue peut être considérable, par le seul sondage de Neeroeteren.

DEUXIÈME RÉGION. — Pour bien faire comprendre ce que nous avons à dire de cette deuxième région, il est nécessaire de reprendre les choses d'un peu plus loin.

Les vastes régions de la Campine, de la Hollande et du nord-ouest de l'Allemagne étaient naguère encore presque totalement inconnues au sujet de leur constitution géologique profonde. La grande phase d'activité de recherches par sondage dont ces régions sont le théâtre depuis un quart de siècle a jeté beaucoup de jour sur elles. Tous ces travaux de recherche ont été l'objet d'une remarquable synthèse toute récente de la part de M. Van Waterschoot van der Gracht, le savant directeur du Service officiel de recherches minières de la Hollande (Cf. *op. cit.* : Deuxième mémoire publié par ce service). Grâce à cette synthèse nous savons maintenant très bien que, conformément aux idées de Suess, les grands massifs ou horst paléozoïques

sont tantôt découpés sur leurs bords par des graben ou fosses allongées et étroites, tantôt bordés par d'énormes aires d'effondrement. Les uns et les autres étant séparés des horst par des failles normales d'affaissement.

Mais au milieu du mouvement général de descente qui provoque la formation de ces aires d'effondrement, des portions de l'écorce terrestre restent en arrière et échappant à l'affaissement, restent en saillie, enveloppés et même recouverts de dépôts plus récents, comme les sommets d'un monde disparu, suivant l'expression d'Omalius d'Halloy.

Tel est par exemple le remarquable massif où le sondage de Winterswyck a fait de si brillantes découvertes. Tel est aussi le horst du Peel qui se dresse, longé de deux côtés de profondes fosses tertiaires.

La recherche de ces sommets, sous le puissant manteau de terrains récents de la Hollande est aléatoire et les succès seraient ruineux. La délimitation de ces horst par des sondages profonds entraîneraient des dépenses énormes. Pour leur étude M. Van Waterschoot a inauguré une intelligente méthode sur laquelle il donne des éclaircissements en plusieurs endroits de son grand ouvrage précité, mais sur laquelle il s'étend particulièrement aux pages 422 et suivantes. Se basant sur le fait reconnu que les failles qui limitent ces horst ont encore joué à des époques extrêmement récentes, peut-être même encore de nos jours, on peut en déduire qu'elles ont affecté les terrains récents et superficiels en provoquant la rencontre côte à côte, près de la surface, de terrains d'âge bien différents. De petits sondages à main, rapides et peu coûteux permettent de déterminer ces différences de terrains superficiels et d'en déduire d'abord l'existence des horst souterrains, puis plus tard leur extension. Appliquons cette méthode à la Campine.

En examinant les coupes des cinq sondages de la première série (voir plus haut), il y a quelque chose de frappant, c'est que l'horizon de l'oligocène supérieur a été rencontré, au sondage de Ven I à une profondeur bien plus faible qu'aux sondages d'Eelen II et de Molenbeersel entre lesquels il est placé. Le fait est surtout saillant grâce à la présence des bancs de Pecten si caractéristiques de l'oligocène supérieur et observés au sondage d'Eelen II à une profondeur bien supérieure à celle à laquelle ils se trouvent au sondage de Ven II. C'est ici le moment cependant de renouveler les réserves sur l'exactitude des coupes que motive malheureusement la méthode de forage au trépan avec injection d'eau bouseuse employée à ces sondages. A cause de cette méthode, les fossiles sont rares et en si mauvais état que l'on a pu se tromper, de prime abord, sur leur âge. Les variations de terrains échappent avec la plus grande facilité et, surtout, les niveaux exacts d'où proviennent les échantillons et les fossiles peuvent être complètement faussés. Les considérations que j'émetts ici peuvent donc être complètement sans fondement s'il y a eu des erreurs semblables dans l'échantillonnage de ces sondages. Je crois cependant que les erreurs, si elles existent, ne sont pas considérables et ne font pas disparaître complètement les bases sur lesquelles je m'appuie ici. Ce qui m'autorise à parler ainsi c'est :

1° Le fait incontestable que le banc de Pecten si remarquable du sondage de Ven I et qu'il y a tout lieu de considérer comme oligocène supérieur, ne peut pas se trouver plus bas que 326 mètres pour la bonne raison que le sondage n'a pas été plus bas. Cette profondeur est à peu près la même que celle où le sondage de Neeroeteren a aussi recoupé l'oligocène supérieur (résultat, aussi, douteux). Mais il y a mieux. Les sondages hollandais pratiqués par la méthode du tube carottier, qui ne laisse place

à aucun doute sur la position des échantillons, ces sondages, dis-je, ont montré que lorsque l'on se trouve dans le grand graben tertiaire de Ruremonde, l'oligocène supérieur est à une profondeur énorme, comme je l'ai supposé à Molenbeersel et à Eelen II. Donc on peut en déduire que le sondage de Ven I n'est pas dans la grande fosse tertiaire, mais qu'il y a probablement sous lui un horst ou relèvement du fond de la fosse.

On pourrait essayer d'établir la profondeur à laquelle le sondage de Ven I aurait recoupé le jurassique, en tablant sur les éléments suivants :

1° Le sommet de l'oligocène supérieur, qui, au sondage d'Eelen II, est à la profondeur de 610 mètres, n'est qu'à 266^m.50 à Ven I ;

2° L'oligocène supérieur a 332 mètres de puissance au sondage d'Eelen II. On peut supposer qu'il en aurait autant à Ven I, ce qui serait très certainement un maximum, car cet oligocène n'est aussi épais que dans la fosse de Ruremonde ;

3° Au sondage de Neeroeteren, il y a 300 mètres de terrains tertiaires et 57 mètres de crétacé entre le jurassique et l'oligocène supérieur. Mais, d'après ce que nous avons dit, il n'y aurait que peu ou pas de crétacé à Ven I. D'après tout cela on pourrait établir la coupe probable d'un sondage profond, à Ven I, comme suit :

Quaternaire, pliocène et miocène	266 ^m .50
Oligocène supérieur	332 ^m .00
Oligocène moyen et supérieur. Eocène	300 ^m .00
Jurassique à	898 ^m .50

Comme on le voit donc on pourrait recouper le jurassique à une profondeur de 898 mètres que je considère comme un maximum, vu qu'à Neeroeteren l'oligocène supérieur n'a que 80 mètres de puissance.

ÉTENDUE DES GISEMENTS.

Absolument rien ne saurait être dit actuellement concernant le horst supposé de Ven. Quant au palier de Neeroeteren, qui se montre assez étroit à proximité de la Meuse, comme on ne le connaît guère que par le sondage dont il porte le nom, on ne saurait non plus dire grand chose sur sa largeur et sur son extension. Peut-être, comme nous l'avons indiqué sur la carte planche 4, les failles qui le limitent s'écartent-elles un peu vers l'ouest, de façon à lui permettre d'acquérir un peu plus de largeur dans ce sens.

Programme de recherches.

Si jamais l'on se décidait à exécuter des recherches, il y aurait lieu de suivre la marche suivante :

1° Exécuter deux sondages profonds pour démontrer la présence de gisements de sel exploitables. Le premier de ces sondages, celui qui aurait le plus de chance, serait à faire à proximité du sondage de Ven I. Il y aurait lieu de le faire, même dans les terrains tertiaires, au tube carottier, de façon à pouvoir vérifier ce que nous avons dit du niveau de l'oligocène supérieur. On saurait ainsi d'avance, si l'on a chance de rencontrer le trias supérieur à des profondeurs utiles.

Un second sondage profond serait à creuser au nord-ouest de Neeroeteren, par exemple à une distance d'environ 4 à 5 kilomètres.

Avant de pratiquer ce sondage, il y aurait lieu d'exécuter quelques petits sondages de façon à jalonner, au voisinage de la surface, le passage des failles de Neeroeteren et d'Eelen encore mal connu dans ces parages ;

2° Si l'un ou l'autre de ces sondages venait à recouper des gisements de sel exploitables, il y aurait lieu alors de délimiter l'étendue des massifs où seraient contenus ces

gisements, et cela en utilisant la méthode si élégante des petits sondages de M. Van Waterschoot.

Comme on le voit l'entreprise n'est pas facile. Les aléas sont grands et les recherches ne seront, dans l'hypothèse la plus favorable, pas peu coûteuses. Mais nous ajouterons que la situation se présente comme plus claire qu'à l'époque où les premières recherches ont été entamées. On sait où l'on ira, ce qui est déjà beaucoup, et l'on sait aussi que s'il y a des aléas, il y a aussi, en cas de succès un résultat important à obtenir. Peut-être même de hardis chercheurs peuvent-ils nourrir l'espoir de trouver, dans le jurassique du horst de Ven, des couches de minerai de fer oolithique, comme au sondage de Bislich. Ce serait là une découverte, aux portes du bassin de la Campine, dont l'importance ne saurait être calculée.