

## SÉANCE MENSUELLE DU 19 DÉCEMBRE 1939.

*Présidence* M. F. KAISIN, *président*.

Le procès-verbal de la séance précédente est lu et approuvé.

Le Président annonce le décès de M. F. LOEWINSON-LESSING, membre honoraire.

Après consultation de l'assemblée, il proclame membre effectif :

M. H. BUTTGENBACH, professeur à l'Université, 7, avenue Émile Digneffe, à Liège; présenté par MM. Ét. Asselberghs et P. Fourmarier.

La GEOLOGICAL SOCIETY OF LONDON annonce que la XVIII<sup>e</sup> session du Congrès géologique international qui devait se tenir à Londres du 31 juillet au 8 août 1940 est remise *sine die*.

### **Dons et envois reçus :**

De la part des auteurs :

9300 *Hayami, S.* Hydrological studies on the Yangtze River, China. IV. On the mechanics of flow in a wide alluvial river. Shangai, 1939, 23 pages et 10 figures.

9301 *Stehn, Ch.-E.* De nieuwe dieptekaart van het Toba-meer (Noord-Sumatra) van Drost en Bekkering. Batavia-Centrum, 1939, 6 pages, 3 figures et 1 carte.

9302 *van Bemmelen, R. W.* The volcano-tectonic origin of Lake Toba (North-Sumatra). Batavia-Centrum, 1939, 9 pages et 4 figures.

### **Communications des membres :**

**Sur la limite septentrionale du gisement houiller accessible en Campine.**

**Les premiers résultats du sondage de Rotem (Schootshei),**

par A. GROSJEAN.

Au mois de juillet 1939, la Société anonyme belge d'entreprise de forage et de fonçage Foraky a entrepris, pour compte de la Société générale charbonnière de Diest, l'exécution d'un son-

dage de recherche au lieu-dit Schootshei de la commune de Rotem (rive gauche de la Meuse, entre Maastricht et Maaseyk). Le forage sera, selon toute vraisemblance, poursuivi jusqu'à grande profondeur, mais il a déjà fourni quelques données qui méritent d'être publiées pour les précisions qu'elles apportent à nos connaissances sur la structure du N.-E. de la Belgique et pour la lumière qu'elles jettent sur la question de la limite septentrionale du gisement houiller accessible en Campine (1).

Le nouveau sondage, dit sondage de Rotem (Schootshei) et portant le numéro 110 de la numérotation officielle du bassin de la Campine, est établi sur la rive gauche du Zuid-Willemsvaart, à hauteur du nouveau pont-route de Rotem, c'est-à-dire en dehors des territoires concédés et au N.-E. de ceux-ci (fig. 1).

L'intérêt de la recherche ressort clairement de l'examen des résultats de sondages exécutés jadis dans le voisinage, en particulier des trois sondages n<sup>os</sup> 31, 64 et 65, dont le premier marque le début et les derniers, la fin de la campagne de sondages dirigés par Léon-André Dumont pour la découverte du gisement houiller de la Campine.

Le sondage n<sup>o</sup> 31, dit sondage d'Eelen I, fut établi, en 1898, à la station d'Eelen, soit à environ 2.550 m. au N.-E. de la recherche actuelle. Sous le Crétacique, il traversa près de 300 m. de marnes grises et rouges et de grès bigarrés, attribués au Trias; il fut abandonné, en 1900, à la profondeur de 878<sup>m</sup>55 (cote —843), sans que le Houiller y eût été reconnu avec certitude.

A la suite de cet échec, Léon-André Dumont reporta ses recherches vers le S.-W., et le Houiller fut atteint au sondage n<sup>o</sup> 1 d'Asch, le 1<sup>er</sup> août 1901, par 532 m. de profondeur (cote —458), immédiatement sous la base du Crétacique, sans interposition des marnes rouges rencontrées à Eelen.

Pendant les deux années qui suivirent, on creusa en Campine une soixantaine de sondages profonds. La plupart touchèrent le terrain houiller directement sous la base du Crétacique; cependant, trois d'entre eux, tous trois septentrionaux, traversèrent, sous la base du Crétacique, un complexe de marnes et de grès rouges analogue à celui d'Eelen (2).

---

(1) Je remercie vivement les promoteurs du sondage, et tout spécialement M. R. De Maeyer, administrateur-directeur de la Société Foraky, qui ont autorisé la divulgation de ces résultats.

(2) Ce sont :

a) Le sondage n<sup>o</sup> 6, de Louwel, qui, sous la base du Crétacique, tra-

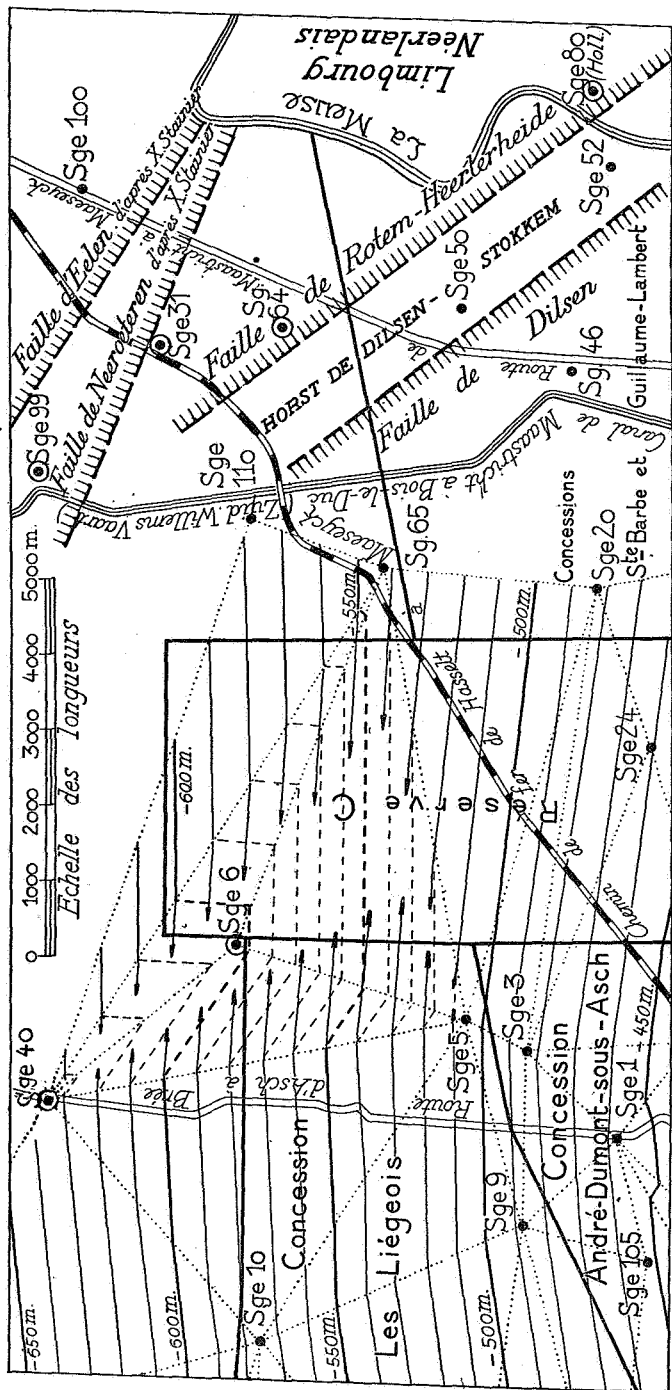


FIG. 1. — **Groquis schématique des environs du sondage de Rotem (Schootshei)**, avec tracé des isohypses de la base du Crétacique, à l'équidistance de 10 m. — Echelle : 1/100.000. — Les sondages ayant atteint les *roches rouges* sont distingués par un double cercle; la lièvre *affaisée* des failles est indiquée par des hachures.

NOTE. — Les failles d'Eelen et de Neuroeteren ne sont ici figurées que pour rappeler leur existence dans la région. Comme on ne possède à leur sujet aucune précision nouvelle, on s'est borné à reproduire des tracés de M. X. Stainier (*op. cit.*, 1911). Ce rapprochement met clairement en évidence le besoin d'une harmonisation de l'ensemble, mais, dans l'état actuel des données d'observation, le problème ainsi posé, reste indéterminé.

Après quelques controverses, on tomba d'accord pour attribuer aux *roches rouges de la Campine* un âge permo-triasique; mais, sur la nature de la limite méridionale de ces roches rouges, deux opinions différentes ont subsisté. Selon les uns, la limite méridionale des roches rouges serait une faille d'effondrement qui constituerait donc une limite nette entre la zone méridionale, où le Houiller pourrait être attendu à une profondeur relativement modérée, et une zone septentrionale, où le Houiller devrait être considéré comme pratiquement inaccessible. Selon les autres, la limite méridionale des roches rouges serait l'arête d'un biseau s'épaississant lentement vers le Nord, dont la surface supérieure est la surface de transgression du Crétacique et dont la surface inférieure est la surface de transgression du Permo-Trias.

A cette question, Dumont apporta une contribution importante par l'établissement des deux derniers sondages qui précédèrent l'octroi des concessions, les sondages n<sup>os</sup> 64 et 65.

Le sondage n<sup>o</sup> 64 de Rotem (centre), établi à 1.600 m. au Sud du sondage n<sup>o</sup> 31 d'Eelen, soit à 2.550 m. à l'E.-S.-E. du nouveau sondage n<sup>o</sup> 110, atteignit le Houiller vers la cote —1.147, après avoir traversé, sous la base du Crétacique, 648 m. de roches rouges; d'autre part, le sondage n<sup>o</sup> 65 de Dilsen (Vossen-berg), situé à 4.150 m. au S.-W. du sondage n<sup>o</sup> 31 d'Eelen, c'est-à-dire à 1.850 m. au S.-S.-W. du nouveau sondage n<sup>o</sup> 110, toucha le Houiller dès la cote —543, sans traverser de roches rouges sous la base du Crétacique.

Cette forte dénivellation de la plate-forme houillère, savoir plus de 600 m., entre deux points distants de 3.500 m. seulement, décelait l'existence d'une faille importante passant dans l'intervalle <sup>(3)</sup>. Il devint ainsi évident qu'*au voisinage de la*

versa 42 m. de « roches rouges » et fut abandonné à la cote —648, sans avoir atteint le Houiller;

b) Le sondage n<sup>o</sup> 40, de Gruitrode, qui, sous la base du Crétacique, traversa 128 m. de « roches rouges » et fut abandonné à la cote —763, sans avoir atteint le Houiller;

c) Le sondage n<sup>o</sup> 60, de Helchteren, qui, sous la base du Crétacique, recoupa 175 m. de « roches rouges » et atteignit le Houiller à la cote —815.

Pour l'emplacement de ce dernier sondage, trop occidental pour figurer à la carte (fig. 1), on se reportera à la *Carte générale des Concessions houillères de la Belgique*, à l'échelle du 1/40.000, publiée par l'Administration des Mines (Service géologique), ou à la carte jointe au travail mentionné ci-après à la note 5.

<sup>(3)</sup> Ce résultat avait été prévu par différents auteurs : cf. H. FORIR, Sur les deux failles principales de l'Est de la Campine (*Annales de la Société géologique de Belgique*, t. XXXI, pp. B 172-176; Liège, 1904).



*Meuse* la limite entre le domaine des roches rouges et le domaine sans roches rouges est bien une faille et que, dans cette région, cette faille, dite FAILLE DE ROTEM, constitue la limite entre le domaine du Houiller exploitable et le domaine du Houiller pratiquement inaccessible.

Or, cette conclusion, qui n'était valablement établie que pour la région de la Meuse, fut, dans la suite, étendue à toute la bordure nord de la Campine et l'on en vint à considérer, un peu abusivement, que la FAILLE DE ROTEM devait être prolongée vers l'Ouest en un tracé qui laissait au Nord tous les sondages ayant recoupé les roches rouges. Dans un travail qui apportait des précisions du plus grand intérêt sur le bord sud de la FOSSE TERTIAIRE DE RUREMONDE (4), la FAILLE DE ROTEM fut ainsi représentée comme ayant, en territoire belge, une direction E.-S.-E.—W.-N.-W. passant au Sud du sondage n° 64, au Nord du sondage n° 65 et au Sud du sondage n° 6.

J'ai reproduit ce tracé, non sans l'accompagner des réserves qui me paraissaient s'imposer, sur une carte d'ensemble publiée en 1936 (5). En 1937, j'eus l'occasion d'accentuer encore les dites réserves (6), lorsqu'il fut proposé de voir dans ce tracé de la FAILLE DE ROTEM l'allure type des failles de la Campine (7). Il faut noter, en effet, que, en Limbourg hollandais, la FAILLE DE ROTEM, connue sous le nom de FAILLE DE HEERLERHEIDE, conserve sur plusieurs dizaines de kilomètres une direction générale S.-E.—N.-W.; elle aborde la frontière entre le sondage de Stokkem (n° 52 de la numérotation officielle belge) et le sondage d'Obbicht (n° 80 de la numérotation officielle du Limbourg hollandais) (8); elle passe au N.-E. du sondage n° 50 de Dilsen-

(4) X. STAINIER, Sur les recherches du Sel en Campine [*Annales des Mines de Belgique*, t. XVI (1911), pp. 117-170]. Voir, en particulier, la carte figure 4.

(5) A. GROSJEAN, Première ébauche d'une carte structurale du gisement houiller de la Campine limbourgeoise [*Livre jubilaire FÉLIX KAISIN (Mém. Inst. Géol. Univ. Louvain*, t. X), pp. 361-401, 1 pl., Louvain, 1936]. Voir p. 393 et pl. XXIV.

(6) A. GROSJEAN, Sur un prétendu schéma d'ensemble du réseau de failles du Limbourg (*Société géologique de Belgique, Bulletin*, t. LX, pp. B 333-348), Liège, 1937. Voir p. B 345.

(7) P. FOURMARIER, Quelques observations sur la structure du Houiller de Campine dans l'Ouest du Limbourg (*Société géologique de Belgique, Bulletin*, t. LX, pp. B 189-196), Liège, 1937. Voir pp. 189-190.

(8) Au sondage n° 52 de Stokkem, le Houiller a été atteint dès la cote —337, sans interposition de roches rouges, tandis qu'au sondage n° 80 d'Obbicht, il n'a été atteint qu'à la cote —809, sous 414 m. de roches rouges, la distance entre les deux sondages étant d'un millier de mètres seulement.

centre<sup>(9)</sup>, et la disposition en plan des sondages n<sup>os</sup> 52, 50, 65 et 31, 64 (numérotation belge) ainsi que 80 (numérotation hollandaise) n'interdisait nullement d'envisager comme possible le prolongement de la FAILLE DE HEERLERHEIDE sous la forme d'une FAILLE DE ROTEM conservant, en territoire belge, la direction S.-E.—N.-W. Cependant, dès que l'on posait en principe que la FAILLE DE ROTEM-HEERLERHEIDE constituait en même temps la limite méridionale des roches rouges, il fallait bien lui attribuer un tracé s'incurvant vers l'Ouest de manière à la faire passer au Sud du sondage n<sup>o</sup> 6 de Louwel.

Ainsi donc les promoteurs du nouveau sondage n<sup>o</sup> 110 ont-ils fait preuve d'une certaine audace en plantant leur tour carrément au Nord de tout tracé admissible pour une FAILLE DE ROTEM-HEERLERHEIDE passant au Sud du sondage n<sup>o</sup> 6.

En fait, la fortune a souri à ces audacieux, car le sondage a atteint le Houiller par quelque 622 m. de profondeur (cote —578 environ), immédiatement sous la base du Crétacique, sans aucune interposition de roches rouges.

Un premier résultat du nouveau sondage est donc de montrer que la FAILLE DE ROTEM-HEERLERHEIDE conserve sur la rive gauche de la Meuse la direction S.-E.—N.-W. qu'elle possède en Limbourg hollandais, et que, par conséquent, la limite méridionale du domaine occupé par les roches rouges des sondages n<sup>os</sup> 6 et 60 n'a rien de commun avec la dite faille; actuellement, il n'est même pas prouvé du tout que cette limite soit partout constituée par une faille.

\*  
\* \*

Quant à déterminer exactement le passage de la FAILLE DE ROTEM-HEERLERHEIDE dans l'intervalle entre les sondages n<sup>os</sup> 110 (Rotem-Schootshei) et 64 (Rotem-centre), c'est encore impossible sur la base des données que l'on possède jusqu'ici. Il y a cependant un argument assez sérieux qui porte à croire que la faille ne passe pas à proximité immédiate du sondage n<sup>o</sup> 110.

Cet argument est basé sur la cote de la plate-forme houillère à l'emplacement du sondage n<sup>o</sup> 110. Cette cote, qui est d'environ —578, est précisément celle que l'on avait prévue sur la base d'une coupe passant par les sondages n<sup>os</sup> 24 (Lanklaar) et 65 (Dilsen-Vossenbergh). Il semble ainsi que la plate-forme houil-

---

(9) Au sondage n<sup>o</sup> 50 de Dilsen-centre, le Crétacique repose sur le Houiller à la cote —381, sans interposition de roches rouges.

lère du sondage n° 110 se rattache sans ressaut au domaine sud-occidental.

On sait, d'autre part, depuis longtemps, qu'un massif à plate-forme houillère nettement surélevée s'allonge parallèlement à la FAILLE DE ROTEM-HEERLERHEIDE, au S.-W. de celle-ci. C'est ce que l'on a appelé le HORST DE DILSEN-STOKKEM, que les sondages n°s 50 (Dilsen-centre) et 52 (Stokkem) ont reconnu en Belgique et dont le prolongement en Limbourg hollandais semble décelé par les sondages n°s 73 (Welschenheuvcl) et 72 (Geleen) de la numérotation néerlandaise. La faille qui doit limiter ce horst vers le S.-W. est connue sous le nom de FAILLE DE DILSEN. Or, la pente de la plate-forme houillère entre les sondages n°s 50 (Dilsen-centre) et 52 (Stokkem) conduirait cette surface à passer sous l'emplacement du nouveau sondage (n° 110) vers la cote —444, soit 134 m. plus haut qu'en réalité.

Il est donc vraisemblable que le nouveau sondage (n° 110) se trouve en dehors du HORST DE DILSEN-STOKKEM et que, par conséquent, ce dernier, s'il se prolonge jusque-là, passe tout entier entre le nouveau sondage (n° 110) et le sondage n° 64 (Rotem-centre).

Sans doute ai-je moi-même attiré plusieurs fois l'attention sur le caractère capricieux des failles de Campine et sur le danger d'extrapoler les données que l'on possède à leur sujet <sup>(10)</sup>; il semble cependant que le HORST DE DILSEN-STOKKEM constitue une unité assez importante de la tectonique régionale, puisque, entre les sondages n°s 50 (Dilsen-centre) et 72 (Geleen), il serait dès à présent reconnu sur plus de 8 km. Il y a donc quelque raison d'espérer qu'un sondage judicieusement placé entre les sondages n°s 31, 64 et 110 toucherait le terrain houiller à une cote plus élevée que cette dernière recherche et reconnaîtrait le prolongement du HORST DE DILSEN-STOKKEM.

\*  
\*\*

Enfin, il est une troisième conclusion qui se dégage dès à présent — c'est-à-dire avant tout examen détaillé des échantillons — de la recoupe du Houiller à Rotem (Schootshei). Elle

---

<sup>(10)</sup> A. GROSJEAN, Les traits essentiels du terrain houiller de la Campine [*Annales des Mines de Belgique*, t. XXXVII (1936), pp. 263-273], Bruxelles, 1936. Voir, en particulier, p. 273. — IDEM, *op. cit.*, 1936, pp. 362-363 et 397. — IDEM, *op. cit.*, 1937, en particulier pp. B 335, B 345 et B 348.

a trait à l'allure de la plate-forme antécrotacique au voisinage du sondage n° 6 (Louwel).

Comme rappelé ci-dessus, le sondage n° 6 a recoupé la base du Crétacique vers la cote —606 et a reconnu par dessous 42 m. de roches rouges. Sur la base des données antérieures au nouveau sondage (n° 110), cette cote imposait aux isohypses de la plate-forme antécrotacée une allure légèrement aberrante <sup>(11)</sup>, mais dont la signification restait discutable en raison du manque de données d'observation immédiatement à l'Est.

Grâce au sommet supplémentaire fourni par le sondage n° 110, l'interprétation devient très claire : le sondage n° 6 doit avoir atteint la surface de base du Crétacique entre deux failles d'effondrement dont les jeux respectifs compensent mutuellement l'effet; c'est ainsi que, dès que l'on fait abstraction de la cote observée au sondage n° 6, les isohypses de la surface de base du Crétacique présentent une parfaite régularité (fig. 1); leur tracé épouse exactement l'allure, légèrement convexe vers le Nord, que dessinent les courbes méridionales dans la région d'Asch <sup>(12)</sup>. Sur la largeur et la direction de cette fosse du sondage n° 6, on ne possède encore aucune donnée certaine <sup>(13)</sup>. Le rejet postcrétacique des failles bordières est d'au moins 25 à 30 m. Il faut retenir, comme hypothèse de travail, que ce peut être à un jeu précrotacique des mêmes failles qu'est due la conservation de roches rouges en ce point relativement méridional, en sorte qu'il resterait des chances de toucher le Houiller aux environs du sondage n° 6 sans devoir traverser les roches rouges, ce qui modifierait profondément l'opinion généralement admise sur l'épaisseur des morts-terrains au Nord de la concession *Les Liégeois* et dans la partie septentrionale de la *réserve C*.

---

(11) Cf. A. GROSJEAN, *op. cit.*, 1936, p. 400 et planche.

(12) Cf. A. GROSJEAN, *op. cit.*, 1936, p. 400.

(13) A une époque où l'on ne connaissait pas encore la complexité du réseau des failles de la Campine, M. Lohest, A. Habets et H. Forir avaient déjà interprété les résultats du sondage n° 6 en prolongeant jusqu'au voisinage de ce sondage leurs failles de la Gulpe et de la Gueule (*Annales de la Société géologique de Belgique*, t. XXX, pl. IV); mais la répartition des roches rouges, telle qu'elle figure sur cette carte, doit être profondément modifiée à la suite des sondages nos 65 et 110.

**Quelques données nouvelles concernant la salinité  
de certaines nappes aquifères du sous-sol profond  
de l'agglomération bruxelloise,**

par F. HALET.

**GÉNÉRALITÉS.**

En ces dernières années la question de la salinité croissante des nappes captives profondes du sous-sol de la Moyenne- et de la Basse-Belgique a été traitée par M. l'ingénieur Delecourt dans une série de travaux remarquables (1).

Par ses études et ses recherches, il lui a été permis de reconnaître et de délimiter différentes zones de salure et de constater, en outre, que, depuis quelques années, la limite méridionale de certaines de ces zones a tendance à se déplacer vers le Sud.

Des études analogues ont été faites sur les eaux des nappes profondes du Sud de l'Angleterre et du Nord de la France, mais si l'on possède actuellement de nombreuses données sur la teneur en sels de ces eaux souterraines, l'origine de cette salinité reste encore très discutée.

Dans de nombreux puits profonds le degré de salinité des eaux paraît être influencé par l'intensité, plus ou moins grande, des pompages sur une nappe déterminée.

Cependant, dans un mémoire publié assez récemment par M. Lepersonne (2) et basé sur les études faites par des chercheurs anglais, nous relevons les conclusions suivantes : les pompages semblent avoir une action assez secondaire sur les phénomènes de salure; dans la plupart des cas, à la suite des pompages, les variations de salure sont faibles.

Nous montrerons plus loin que certaines constatations faites

(1) En ce qui concerne les travaux de M. J. Delecourt, nous conseillons au lecteur de s'en référer aux index bibliographiques des notes dont le titre suit : J. DELECOURT, Les Eaux artésiennes salines du Bassin de Paris, de la Basse- et de la Moyenne-Belgique [*Bull. de la Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, première note, t. XLVI (1936), pp. 258-259; deuxième note, t. XLVII (1937), pp. 525-526; troisième note, t. XLVIII (1938), pp. 684-685].

(2) J. LEPERSONNE, Les Eaux alcalines de la nappe de la craie dans le Bassin de Londres [*Ann. de la Soc. géol. de Belgique*, Liège, t. LVIII (1934-1935), pp. B 63].

aux environs de Bruxelles contredisent nettement ces conclusions.

Il a également été observé, d'une façon assez générale, que le degré de salure des eaux s'accroît continuellement avec la profondeur des nappes considérées.

En outre, les résultats de certaines analyses feraient croire que le degré de salinité d'une même nappe captive varie avec le temps.

Si l'existence de certains sels dans les eaux profondes peut s'expliquer par la théorie des échanges de bases, la présence presque constante d'une teneur élevée en NaCl a fait naître deux hypothèses assez différentes : pour certains, la présence de NaCl serait due à des infiltrations d'eaux marines actuelles; pour d'autres, il s'agirait d'eaux marines fossiles.

Les constatations et les documents connus jusqu'à présent n'ont pas permis d'expliquer d'une façon satisfaisante ce phénomène de salinité de certaines nappes souterraines.

Cette situation nous paraît provenir surtout du fait que les documents mis à la disposition des chercheurs sont presque tous incomplets et dans la plupart des cas manquent de précision.

S'il est vrai qu'il existe déjà un très grand nombre d'analyses, souvent soigneusement exécutées, celles-ci restent la plupart très incomplètes; en outre, elles ne sont que rarement accompagnées d'indications sur les conditions dans lesquelles ont été prélevées les eaux à analyser.

Ainsi il est généralement impossible de savoir si le puits, au moment du prélèvement des eaux à analyser, était à l'état de repos ou en régime de pompage; dans le premier cas, le niveau hydrostatique des eaux devrait être indiqué; dans le second, il faudrait connaître l'importance et la durée des pompages.

Enfin, dans la plupart des cas, on ignore si les analyses proviennent d'eaux prélevées à une seule nappe, ou, ce qui arrive fréquemment, constituent le mélange de différentes nappes que le procédé de forage employé a mises en communication.

Les quelques remarques qui précèdent permettent de se rendre compte des difficultés du problème à résoudre et de la nécessité, si l'on veut arriver à un résultat positif, de ne tenir compte dans les recherches que des résultats d'analyses dont les eaux ont été prélevées dans des conditions bien déterminées.

**LES EAUX SALINES DU SOUS-SOL  
DE L'AGGLOMÉRATION BRUXELLOISE.**

**Faits anciens.**

Des cas de salure anormale d'eaux souterraines en certains points de l'agglomération bruxelloise ne sont pas un fait nouveau. Déjà, en 1883, A. Rutot <sup>(3)</sup> a publié une série d'analyses dont les résultats témoignaient de l'existence d'eaux légèrement salines dans un certain nombre de puits artésiens forés à Cureghem et à Molenbeek-Saint-Jean. Rutot pensait, à cette époque, que l'origine de la salinité des eaux pouvait être attribuée à l'influence de dépôts de roches altérées, de couleur rougeâtre, dont la présence avait été signalée en différents endroits entre la base du Crétacé et le sommet du Cambrien. Il concluait toutefois que la question de l'origine de la salinité de ces eaux était encore loin d'être résolue.

En 1896, Van Ertborn <sup>(4)</sup> signalait l'existence de la forte teneur en chlorure de sodium des eaux de certains puits situés à l'Ouest de la ville de Bruxelles.

En 1898, J. Toubeau <sup>(5)</sup> a publié une note sur la salure progressive d'eaux artésiennes dans un certain nombre de puits profonds de l'agglomération bruxelloise.

Cette note avait comme but principal de faire connaître l'augmentation progressive de la teneur en NaCl des eaux artésiennes.

Dans ses conclusions l'auteur écarte l'hypothèse d'une influence marine actuelle sur la teneur en chlorure de sodium des eaux de puits; il estime que l'origine de cette salure des eaux ne réside point dans les couches du Crétacé proprement dit, mais bien dans les sédiments fluviaux (gravier et limon rougeâtre) de la lisière du Crétacé, voire du sommet du Cambrien. Ces terrains, d'après l'auteur, renfermeraient des gîtes de sels dus à des infiltrations de mers anciennes.

L'augmentation progressive de la quantité de NaCl présent dans les eaux de certains puits s'expliquerait, d'après l'auteur, par la naissance de courants secondaires étrangers à la circulation générale de la nappe et qui seraient provoqués par le forage successif de nouveaux puits dans la région.

<sup>(3)</sup> A. RUTOT et E. VAN DEN BROECK, *Texte explicatif de la feuille de Bruxelles* (1883), F. Hayez, imprimeur, 108, rue de Louvain, à Bruxelles.

<sup>(4)</sup> *Société malacologique de Belgique*, t. XXXI (1896), p. LIV.

<sup>(5)</sup> J. TOUBEAU, Salure progressive d'Eaux artésiennes (*Revue de l'Université de Bruxelles*, t. III, décembre 1898).

Malheureusement les résultats et les conclusions de l'étude de J. Toubeau sont basés sur des documents n'offrant pas toutes les précisions désirables dans de pareilles recherches; les données géologiques et hydrologiques sont très incomplètes et incertaines; en outre, les prélèvements des eaux à analyser ont été faits alors que le débit des puits observés était ce que l'auteur qualifie de « normal ». Cependant on ne trouve nulle part dans ce travail des chiffres permettant de connaître l'importance de ce débit normal.

Nous verrons plus loin l'intérêt primordial qu'il faut attacher, dans de semblables recherches, à la connaissance exacte du débit des puits au moment du prélèvement des échantillons d'eau à analyser.

En dehors des faits publiés, l'existence de teneurs excessives en sel dans les eaux d'un puits creusé vers 1889 au plateau de Koekelberg est connue depuis longtemps des hydrologues.

Ce puits d'environ 130 m. de profondeur a pénétré d'une vingtaine de mètres dans les roches d'âge cambrien.

Notre confrère M. l'ingénieur Ch. Camerman a bien voulu nous communiquer deux analyses des eaux de ce puits exécutées en 1929 et en 1936 et que nous reproduisons ci-dessous.

	Analyse de 1929.	Analyse de 1936.
Dureté totale . . . . .	40°	41°
Résidu sec . . . . .	3,115 gr. litre	3,040 gr. litre
Chlore . . . . .	1,715 gr. litre	1,712 gr. litre
Anhydride sulfurique (SO <sup>3</sup> ) . . . . .	0,004 gr. litre	0,003 gr. litre
Oxyde calcique (CaO) . . . . .	0,117 gr. litre	0,158 gr. litre
Magnésie (MgO) . . . . .	0,088 gr. litre	0,056 gr. litre
Acide carbonique (CO <sup>2</sup> ) . . . . .	0,052 gr. litre	—
Alcalinité HCl N/10 . . . . .	—	2,10 cc.

Les résultats de ces deux analyses semblent indiquer que la dureté des eaux et leur composition chimique n'auraient pas varié depuis sept ans. Toutefois, en l'absence de données sur le régime de pompage dans l'entretemps, ainsi qu'au moment des prélèvements des échantillons d'eaux à analyser, il n'est pas possible d'affirmer qu'il en soit bien ainsi.

#### Faits nouveaux.

Dans le courant de ces dernières années nous avons eu l'occasion de faire une série de constatations et d'obtenir des renseignements, souvent très précis, sur le degré de salinité des



eaux d'un certain nombre de puits profonds situés dans l'agglomération bruxelloise.

Nous avons estimé qu'il serait utile au point de vue économique et intéressant au point de vue scientifique de faire connaître les résultats de quelques-unes de nos investigations.

Nous nous bornerons, dans cette note, aux renseignements concernant six puits, creusés dans des buts privés et que nous désignerons respectivement sous les lettres A, B, C, D, E et F.

Le repère de ces puits est approximativement le suivant :

Les puits A et B sont situés à environ 100 m. l'un de l'autre; ils se trouvent dans le voisinage immédiat de la place Verboeckhoven, à Schaerbeek.

Le puits C se trouve sur le territoire de Schaerbeek, à environ 200 m. au Sud-Ouest des puits A et B.

Le puits D est situé sur la rive droite du canal maritime, tout près des deux ponts de Laeken.

Le puits E est situé à faible distance de la place Simonis, à Koekelberg.

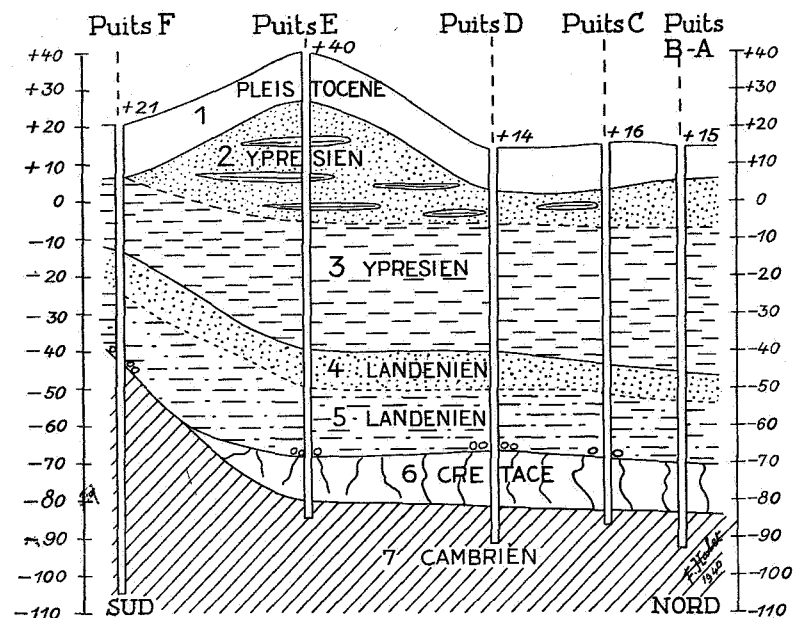


FIG. 1. — Coupe géologique schématisée à travers le sous-sol de Bruxelles.

1. Alluvions modernes et anciennes. — 2. Sable très fin avec lentilles d'argile. — 3. Argile. — 4. Sable gris verdâtre. — 5. Sable argileux avec grès argileux. — 6. Craie blanche avec silex. — 7. Schistes, phyllades, quartzites.

Le puits F se trouve au voisinage du Pont de Luttre, sur le territoire de la commune de Forest.

La coupe géologique des terrains traversés par ces puits se voit au schéma figure 1. Ce croquis a été dessiné sans que compte soit tenu de la situation exacte des puits. Cependant, ils sont ramenés, sans considération de leurs distances respectives, dans un même plan, orienté sensiblement du Nord au Sud Enfin et surtout, la coupe géologique sommaire de chacun d'eux reflète exactement la coupe précise et détaillée que nous possédons.

Quant aux nappes aquifères, les seules nappes captives utilisées par les puits artésiens profonds sont celles qui se trouvent :

- 1° dans les sables verts du sommet du Landénien;
- 2° dans le gravier de base du Landénien;
- 3° dans les fissures du Crétacé;
- 4° dans les fissures du sommet des roches cambriennes.

Comme les eaux d'un grand nombre de puits proviennent souvent d'un mélange des eaux de la nappe du Crétacé et de celle du Cambrien, on désigne souvent cette nappe sous le nom d'*infralandénienne*.

Nous montrerons plus loin que les nappes du Crétacé et du Cambrien sont généralement indépendantes et que ce sont les opérations de forage qui les mettent en communication l'une avec l'autre.

\*  
\*\*

#### Les puits A et B.

Le puits A n'étant situé qu'à 100 m. au Nord du puits B, nous examinerons, simultanément, les particularités de chacun de ces puits.

Comme il est indiqué au schéma figure 1, ces deux puits ont sensiblement la même coupe géologique.

*Profondeurs.* — D'après les renseignements qui nous ont été communiqués, le puits A, construit vers 1904, aurait une profondeur de 107 m. et le puits B, foré en 1934, atteindrait 105 m. de profondeur. Ces deux puits sont arrêtés dans la roche cambrienne.

*Tubages.* — Le puits A serait tubé jusqu'à 94 m. et le puits B, jusqu'à 72 m. de profondeur.

*Pompage.* — Des pompes immersibles seraient placées à environ 52 m. de profondeur au puits A et à 72 m. au puits B.

*Débits.* — Des vérifications de débit que nous avons pu faire

nous-même en octobre 1938, il résulte que le puits A débitait 10 m<sup>3</sup>/heure et le puits B, 5 m<sup>3</sup>/heure.

Il ne nous a pas été possible de constater le niveau des eaux au repos, ni l'importance du rabattement des eaux lors des pompages.

*Analyses des eaux.* — Des analyses faites en mars 1935 par l'Institut de Fermentation de Bruxelles, et qui nous ont été communiquées par le propriétaire des puits, ont donné les résultats ci-dessous.

Il est à remarquer que le débit, au moment du prélèvement de ces échantillons d'eaux, n'a pas été noté.

	Puits A 14 mars 1935.	Puits B 16 mars 1935.
Résidu sec . . . . .	0,378 gr. litre	1,365 gr. litre
Dureté totale . . . . .	28°5	47°
Alcalinité . . . . .	5,8 cc.	3,65 cc.
	au méthylorange	
Matières organiques . . . . .	2,5 cc.	traces
	KMO <sup>4</sup> N/100	
Nitrates . . . . .	néant	néant
Nitrites . . . . .	néant	néant
Ammoniaque . . . . .	présence	traces
Chlorures (Cl) . . . . .	0,017 gr. litre	0,589 gr. litre
Carbonates (CO <sup>2</sup> ) . . . . .	0,1276 gr. litre	0,080 gr. litre
Sulfates (SO <sup>3</sup> ) . . . . .	traces	0,0106 gr. litre
Calcium (CaO) . . . . .	0,079 gr. litre	0,148 gr. litre
Fer . . . . .	traces	traces
Magnésium . . . . .	néant	0,060 gr. litre

Au mois d'octobre 1938 on a prélevé des échantillons d'eaux aux deux puits A et B; l'analyse en a été confiée à M. le chimiste Hennekinne, professeur à l'Institut National des Industries de Fermentation, à Bruxelles.

Lors du prélèvement des eaux, le puits A débitait 5 m<sup>3</sup>/heure et le puits B, 10 m<sup>3</sup>/heure.

Le résultat de ces analyses est donné dans le tableau ci-dessous.

	Puits A 10 octobre 1938.	Puits B 10 octobre 1938.
Dureté totale (français) . . . . .	28°	92°
pH . . . . .	7,4	7,4
Résidu sec à 105° . . . . .	0,340 gr. litre	3,240 gr. litre
Perte à la calcination . . . . .	0,050 gr. litre	0,490 gr. litre
Alcalinité (en CaCO <sup>3</sup> ) . . . . .	0,285 gr. litre	0,190 gr. litre
Chlorures (en ions Cl) . . . . .	0,026 gr. litre	1,730 gr. litre
Magnésium (en Mg) . . . . .	0,022 gr. litre	0,080 gr. litre
Calcium (en Ca) . . . . .	0,078 gr. litre	0,275 gr. litre

A notre demande, de nouvelles analyses des eaux des puits A et B ont été effectuées en mars 1940, par M. l'ingénieur Camerman.

Au moment des prélèvements d'eaux, les puits étaient en fonctionnement normal, c'est-à-dire que le puits A débitait environ 5 m<sup>3</sup>/heure, et le puits B, 10 m<sup>3</sup>/heure.

Il n'a pas été possible de constater le niveau des eaux dans les puits au moment de la prise des échantillons d'eaux.

Nous reproduisons ci-dessous les résultats de ces analyses.

	Puits A Mars 1940.	Puits B Mars 1940.
Alcalinité en H <sup>2</sup> SO <sup>4</sup> N/10 . . . . .	58 cm <sup>3</sup> par litre	36,5 cm <sup>3</sup> par litre
Résidu sec à 105° C. . . . .	0,3475 gr. litre	3,4560 gr. litre
SO <sup>3</sup> . . . . .	0,0027 gr. litre	0,0038 gr. litre
SO <sup>4</sup> . . . . .	0,0032 gr. litre	0,0046 gr. litre
CaO . . . . .	0,0718 gr. litre	0,3066 gr. litre
Ca . . . . .	0,0513 gr. litre	0,2190 gr. litre
MgO . . . . .	0,0293 gr. litre	0,1045 gr. litre
Mg . . . . .	0,0176 gr. litre	0,0627 gr. litre
Cl . . . . .	0,0285 gr. litre	1,9040 gr. litre
SiO <sup>2</sup> +Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup> +Fe <sup>2</sup> O <sup>3</sup> . . . . .	0,0042 gr. litre	0,0223 gr. litre
Dureté totale . . . . .	20°5	81°
Dureté permanente . . . . .	2°	67°

*Remarques.* — Comme aucune frette au ciment n'a été effectuée pour isoler les unes des autres les diverses nappes aquifères recoupées par les puits A et B, on doit admettre la possibilité de communications entre elles et en déduire que les eaux prélevées peuvent être le résultat d'un mélange des eaux des nappes landénienne, crétacée et cambrienne.

Un fait troublant consiste, toutefois, dans les résultats tout différents des analyses des eaux de ces deux puits.

En effet, ils sont situés à 100 m. l'un de l'autre, ils ont traversé les mêmes assises géologiques et ont, à peu près, la même profondeur. En outre, la comparaison des analyses faites à plus de cinq années d'intervalle montrent que les eaux du puits A ont conservé pratiquement les mêmes caractères, tandis que celles du puits B présentent un accroissement considérable de la salinité.

Il manque toute une série de constatations qui permettraient d'expliquer, d'une manière satisfaisante, la différence dans la composition des eaux des puits A et B.

Il nous a été, en effet, impossible dans l'état actuel des installations de vérifier ou de constater : 1° la profondeur des puits; 2° la hauteur et le nombre de colonnes des tubages employées; 3° la profondeur exacte à laquelle sont placées les pompes

immersibles; 4° le niveau des eaux au repos et en régime de pompage.

Le résultat des analyses nous porte à croire que le puits B est alimenté, en majeure partie, par les eaux de la nappe cambrienne, tandis que le puits A ne prélèverait ses eaux qu'à la nappe du Crétacé. Cette circonstance peut être due, soit à un colmatage du fond du puits A, soit à l'imperméabilité de la roche cambrienne à l'emplacement de ce forage. Le faible débit du puits A (5 m<sup>3</sup>/heure) et l'absence de trace de sable dans ses eaux nous paraissent être des faits de nature à renforcer cette opinion.

### Le puits G.

Ce puits a été foré en l'année 1932 et a été arrêté à la profondeur de 102 m. à la recoupe de la roche cambrienne (voir fig. 1). Il est tubé jusqu'à 65 m. de profondeur.

Lorsque le puits était parvenu dans les couches du sommet de la craie, à 82 m. de profondeur, un essai de pompage a donné un débit de 2 m<sup>3</sup>/heure.

Le puits a ensuite été approfondi jusqu'à 102 m. de profondeur et a débité, à ce moment 4 m<sup>3</sup>/heure; après acidification du puits, le débit dépassait 10 m<sup>3</sup>/heure.

Une analyse sommaire des eaux de ce puits, exécuté par le Dr Casteels en janvier 1933, a donné les résultats suivants :

Dureté totale . . . . .	28° (français)
Dureté temporaire . . . . .	24° (français)
Dureté permanente . . . . .	4° (français)

Le régime de pompage au moment du prélèvement des échantillons d'eaux n'a pas été noté; en outre, comme le tubage du puits ne dépasse pas 65 m. de profondeur, ce puits peut être alimenté simultanément par les eaux des nappes landénienne, crétacée et cambrienne.

Deux ans plus tard, en 1935, une nouvelle analyse des eaux de ce puits a été exécutée par le chimiste Denamur.

Au moment du prélèvement des échantillons le puits débitait 10 à 12 m<sup>3</sup>/heure, au moyen d'une pompe immerisible placée à 89 m. de profondeur.

L'analyse a donné les résultats suivants :

Dureté totale . . . . .	66° (français)
Résidu sec à 100° . . . . .	2,260 gr. litre
Chlore . . . . .	0,995 gr. litre
CaO . . . . .	0,320 gr. litre
MgO . . . . .	0,072 gr. litre
Fer . . . . .	traces
Anhydride sulfurique . . . . .	traces

Cette analyse prouve que la dureté totale des eaux de ce puits a augmenté de 38° en deux ans.

Ce fait pouvait s'expliquer à la suite de la constatation d'une infiltration d'eaux superficielles dans le puits vers 24 m. de profondeur, résultant d'une défectuosité du tubage. Cependant, comme nous le montrerons plus loin, l'analyse de ces eaux d'infiltration a révélé que leur dureté ne dépassait pas 30° français.

Par suite de la dureté excessive des eaux du puits C, celui-ci ne fut plus utilisé et les pompes furent démontées.

En 1938, on procéda à de nouvelles analyses d'eaux, prélevées à divers niveaux dans le puits.

Au moyen d'un appareil spécial, fourni par la firme Foraky, des eaux furent prélevées dans le puits aux profondeurs suivantes : à 391 m. au niveau des sables yprésiens, à 66 m. au niveau des sables landéniens et à 86 et 95 m. dans la craie. Il n'a pas été possible de prélever des échantillons d'eaux plus bas à cause de l'ensablement du fond du puits. Enfin, des échantillons des eaux qui s'infiltraient dans le puits vers 24 m. de profondeur furent également prélevés.

Au moment de ces différents prélèvements le niveau hydrostatique des eaux dans le puits se trouvait à 37 m. sous la surface du sol.

Nous reproduisons dans le tableau ci-après les résultats des analyses de ces eaux effectuées en octobre 1938 par le chimiste Hennekinne.

	Eau de 24 m.	Eau de 39 m.	Eau de 66 m.	Eau de 86 m.	Eau de 95 m.
	gr./lit.	gr./lit.	gr./lit.	gr./lit.	gr./lit.
Résidu sec à 105° . . . . .	0,465	0,470	0,450	0,410	0,435
Perte à la calcination . . . . .	0,090	0,090	0,100	0,070	0,065
Alcalinité (en CaCO <sup>3</sup> ) . . . . .	0,195	0,205	0,200	0,230	0,240
Sulfates (en ions SO <sup>4</sup> ) . . . . .	0,159	0,161	0,157	0,147	0,143
Chlorures (en ions Cl) . . . . .	0,039	0,037	0,035	0,031	0,028
Magnésium (en Mg) . . . . .	0,015	0,017	0,014	0,020	0,020
Calcium (en Ca) . . . . .	0,102	0,106	0,110	0,108	0,108
Dureté totale (français) . . . . .	30°	31°	32°	32°	32°
pH . . . . .	7,3	7,3	7,3	7,4	7,4

*Remarques.* — Ces résultats indiquent qu'à l'état de repos la composition chimique des eaux à ces différents niveaux est très semblable et que la dureté totale des eaux ne dépasse jamais 32° français. Ce n'est qu'en régime de pompage, sous un débit de plus de 10 m<sup>3</sup>/heure, que la dureté des eaux du puits C a atteint 66° français.

**Le puits D.**

Le puits D a été creusé vers l'année 1900 jusqu'à la profondeur de 94 m. Il est tubé jusqu'à 84 m.

D'après la coupe géologique (fig. 1), le puits est arrêté à cette profondeur dans la craie blanche.

Le débit maximum de ce puits a, après identification, atteint 4 m<sup>3</sup>/heure.

D'après une analyse sommaire cette eau avait une dureté de 17° français, contenait très peu de chlorures et était excellente pour les besoins de l'industrie.

Afin d'augmenter le débit, le puits fut approfondi en 1938 jusqu'à 105 m. de profondeur et pénètre de 10 m. dans des formations cambriennes, composées de roches quartziteuses et phylladeuses.

Un nouveau tubage fut placé depuis la surface du sol jusqu'à la recoupe des roches cambriennes vers 97 m. de profondeur, où une frette au ciment a été établie.

Pendant les essais de pompage le débit du puits a atteint 27 m<sup>3</sup>/heure.

Une analyse des eaux, prélevées alors que le débit était d'environ 15 m<sup>3</sup>/heure, fut exécutée par l'Institut Meurice, à Bruxelles, et donna les résultats suivants :

Résidu fixe à la calcination . . .	6,490 gr. litre
Chlore . . . . .	3,839 gr. litre
Anhydride sulfurique combiné . . .	0,042 gr. litre
Chaux . . . . .	0,506 gr. litre
Magnésie . . . . .	0,240 gr. litre
Anhydride carbonique combiné . . .	0,077 gr. litre
Dureté totale (français) . . . . .	100° environ
pH . . . . .	8,5

*Composition probable du résidu.*

Sulfate de chaux . . . . .	0,070 gr. litre
Carbonate de chaux . . . . .	0,175 gr. litre
Chlorure de chaux . . . . .	0,723 gr. litre
Chlorure de magnésium . . . . .	0,543 gr. litre
Chlorure de sodium . . . . .	4,992 gr. litre

*Remarques.* — Il ressort de ces constatations que les eaux du puits D avaient une dureté totale d'environ 17° avant que ce puits n'ait été approfondi dans les terrains cambriens, et qu'elles ont titré jusqu'à 100° de dureté pour un débit d'environ 15 m<sup>3</sup>/heure après approfondissement du puits.

Ce fait montre de façon indiscutable que dans le cas du

puits D les eaux salines proviennent uniquement de la nappe cambrienne et que cette dernière est nettement séparée, en ce point, des nappes supérieures par une couche imperméable.

### Le puits E.

Le forage de ce puits de 125 m. de profondeur a été terminé au début de l'année 1936.

La coupe géologique représentée à la figure 1 montre que ce puits a été arrêté dans des terrains d'âge cambrien.

Ce puits est tubé jusqu'à la recoupe de la craie, où une frette au ciment a été établie.

Le niveau de l'eau au repos s'établissait à environ 60 m. sous la surface du sol.

Une analyse des eaux exécutée en juillet 1936, après un pompage de 15 jours, à raison d'environ 8 m<sup>3</sup>/heure, a donné les résultats suivants :

Dureté totale (français) . . . . .	10°2
Résidu fixe à 100° . . . . .	0,6392 gr. litre
Résidu à la calcination . . . . .	0,5786 gr. litre
Silice . . . . .	0,0231 gr. litre
Oxyde de fer . . . . .	0,0014 gr. litre
Alumine . . . . .	0,0037 gr. litre
Chaux . . . . .	0,0452 gr. litre
Magnésie . . . . .	0,0167 gr. litre
Soude (Na <sup>2</sup> O) . . . . .	0,2614 gr. litre
Anhydride sulfurique . . . . .	0,0142 gr. litre
Anhydride carbonique . . . . .	0,0660 gr. litre
Chlore . . . . .	0,2664 gr. litre
Ammoniaque . . . . .	néant
Acide nitreux . . . . .	traces
Acide nitrique . . . . .	néant
Chlorure de sodium. . . . .	0,4950 gr. litre

Une deuxième analyse de ces eaux a été exécutée huit mois plus tard, au mois de mars 1937. Il ne nous a pas été possible de connaître le débit du puits au moment du prélèvement des échantillons. Les résultats de cette analyse sont les suivants :

Dureté totale (français) . . . . .	22°
Résidu sec . . . . .	1,066 gr. litre
Résidu incinéré . . . . .	0,928 gr. litre
Chlorures . . . . .	0,507 gr. litre
SO <sup>3</sup> . . . . .	0,023 gr. litre
SiO <sup>2</sup> . . . . .	0,014 gr. litre
CaO . . . . .	0,075 gr. litre
MgO . . . . .	0,036 gr. litre



Entre le 25 août et le 9 septembre 1937, des pompages continus ont été exécutés sur le puits au moyen d'une pompe immerisible placée à 120 m. de profondeur.

Le tableau ci-dessous permettra de se rendre compte des constatations effectuées pendant la durée des pompages.

Dates.	Niveau de l'eau dans le puits.	Débit en m <sup>3</sup> /heure.	Dureté des eaux.	Observations.
25 août 1937.	112 m.	13,7	27°	
26 août 1937.	117 m.	13,9	30°	
27 août 1937.	115 m.	12,7	30°	
28 août 1937.	111 m.	12,8	29°	
30 août 1937.	75 m.	13,2	20°	Résultat après 35 heures d'arrêt de la pompe.
31 août 1937.	106 m.	11,9	30°	
1 <sup>er</sup> sept. 1937.	114 m.	13,2	32°	

Il est intéressant de constater la forte diminution dans la dureté des eaux lors de la reprise des pompages après un arrêt de 35 heures.

Au mois de mars de l'année 1938, après un arrêt de pompage de plus d'un mois, des eaux ont été prélevées à différents niveaux dans le puits à l'état de repos; le niveau hydrostatique des eaux s'établissait vers 68 m. sous la surface du sol.

Les résultats de l'analyse des eaux prélevées sont donnés dans le tableau ci-dessous.

Niveau du prélèvement des eaux.	Alcalinité		Dureté.	Chlorures.
	100° cc. T.A.C.			
68 m. de profondeur . . .	15°		7°8	0,190 gr. litre
97 m. de profondeur . . .	14°		7°7	0,196 gr. litre
117 m. de profondeur . . .	15°		7°9	0,196 gr. litre

*Remarques.* — Ce tableau permet de se rendre compte que lorsque le puits n'est pas soumis à des pompages, les eaux ont à divers niveaux une dureté inférieure à 8° et que leur teneur en chlorures est alors très peu élevée.

Les constatations faites sur le puits E montrent clairement que le titre hydrotimétrique des eaux et leur salinité sont en rapport direct avec l'intensité des pompages.

#### Le puits F.

Le puits F, foré en 1938, a une profondeur de 125 m.

Comme le montre la coupe géologique représentée à la figure 1, il existe en ce point, à la base du Landénien, un

gravier de 50 cm. d'épaisseur composé de galets roulés et verdis, en silex. Ce gravier représente le cordon littoral de la mer landénienne.

Le contact du Landénien sur le socle cambrien s'établit vers 63 m. de profondeur.

Entre 63 et 75 m. de profondeur, le terrain cambrien se compose de schistes phylladeux, très altérés, qui forment un niveau imperméable; à partir de 75 m. jusqu'à 125 m. le puits a recoupé des formations composées de grès quartziteux et de quartzites.

*Nappes aquifères.* — Deux nappes aquifères indépendantes ont été recoupées lors du forage de ce puits; une première nappe dans le gravier de base du Landénien et une seconde dans les fissures des quartzites cambriens entre 76 et 104 m. de profondeur.

*Nappe landénienne.* — Le niveau hydrostatique de cette nappe s'établit à environ 17 m. sous la surface du sol.

Lors des essais de pompage, le débit fut de 17 m<sup>3</sup>/heure pour un rabattement jusqu'à 34 m. sous la surface du sol. Le débit ayant été porté jusqu'à 40 m<sup>3</sup>/heure, il y eut entraînement des sables landéniens susjacents.

Une analyse sommaire des eaux de la nappe landénienne a montré qu'elles avaient une dureté totale de 2° français et contenaient 12 mgr./litre de NaCl.

*Nappe cambrienne.* — Par suite de l'entraînement des sables landéniens, une frette au ciment fut établie à la tête des roches cambriennes vers 64 m. de profondeur. A la suite de ce travail le niveau hydrostatique des eaux de la nappe cambrienne s'établit à 47 m. sous la surface du sol.

Des essais de pompage ont été exécutés entre le 22 décembre 1938 et le 6 janvier 1939.

Les résultats de ces pompages ainsi que la teneur des eaux en chlorure de sodium sont consignés dans le tableau suivant :

Dates.	Débit horaire en m <sup>3</sup> .	Teneur en NaCl.
22 décembre 1938 . . .	3	0,51 gr. litre
27 décembre 1938 . . .	12	0,93 gr. litre
30 décembre 1938 . . .	9	0,84 gr. litre
31 décembre 1938 . . .	16	0,95 gr. litre
4 janvier 1939 . . .	20	1,02 gr. litre
5 janvier 1939 . . .	25	1,09 gr. litre
6 janvier 1939 . . .	29	1,14 gr. litre

Les constatations faites au puits F montrent que :

1° L'altération des schistes composant le sommet du Cambrien donne lieu à une couche imperméable qui sépare nettement les eaux de la nappe landénienne de celles de la nappe cambrienne;

2° Dans la nappe cambrienne, la salinité des eaux augmente avec l'importance du débit du puits;

3° Les eaux salines proviennent incontestablement de la nappe cambrienne.

### CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

Il résulte des observations rapportées dans cette note que dans le sous-sol profond de l'agglomération bruxelloise :

1° L'altération sur quelques mètres, des schistes cambriens peut donner lieu à la formation d'un niveau imperméable qui sépare les eaux de la nappe cambrienne de celles des nappes qui la surmontent directement;

2° Les eaux des nappes landénienne et crétacée ont une dureté totale qui ne paraît pas dépasser 30° français; la salinité de ces eaux est peu élevée;

3° Ce sont les eaux provenant des fissures des terrains cambriens qui sont la cause de la salinité excessive des eaux de certains puits profonds de l'agglomération bruxelloise;

4° La salinité des eaux du Cambrien croît avec l'importance du débit ou du rabattement;

5° L'acidification des puits, arrêtés dans la craie, augmente souvent leur débit, mais peut, dans certains cas, mettre en communication les eaux des nappes crétacique et cambrienne et, par suite, altérer la composition des premières;

6° Des cas de salure excessive des eaux de la nappe cambrienne n'ont été reconnus, jusqu'à présent, qu'en certains points de l'agglomération bruxelloise, mais à la suite des pompages de plus en plus intensifs sur cette nappe, le phénomène de sursalure des eaux des puits profonds risque de devenir un phénomène de plus en plus fréquent;

7° Lors des prélèvements d'eaux en vue de leur analyse, il y aura lieu de noter :

a) Si les eaux du puits proviennent d'une nappe déterminée ou si elles constituent, au contraire, un mélange d'eaux de nappes différentes;

b) La durée des pompages avant le prélèvement des eaux;

c) Le débit du puits, ainsi que le niveau du rabattement au moment de la prise des échantillons d'eau;

8° Dans l'état actuel de nos connaissances, il n'est pas possible de prévoir quelle est ou sera la teneur en sels des eaux de la nappe cambrienne en un endroit précis du sous-sol de l'agglomération bruxelloise.

### Sur la présence de « *Corbicula fluminalis* » dans le Pléistocène des environs d'Escanaffles,

par F. HALET.

Dans le courant de l'année 1939, un puits, d'une profondeur de 22 m., a été foré à sec à environ 1.200 m. au Sud du village d'Escanaffles. Ce puits est situé à 200 m. au Nord du lit du ruisseau La Haie et à 1.500 m. en amont du confluent de ce cours d'eau avec le fleuve Escaut.

Lors du creusement de ce puits, il n'a été recueilli qu'un seul échantillon de terrain entre les profondeurs de 20<sup>m</sup>50 et 22 m.; cet échantillon était composé d'un sable gris à texture très quartzeuse et présentait l'aspect d'un sédiment de rivière à courant assez rapide.

Dans ce sable nous avons trouvé un certain nombre de valves dépareillées de *Corbicula fluminalis*, plus ou moins roulées, des Helix et des Limnées; en outre, deux molaires de *Bison europaeus* <sup>(1)</sup>.

L'orifice du puits étant vers la cote +15, ce gisement fossilifère se trouve vers la cote — 6 dans les alluvions pléistocènes de la basse terrasse de la vallée de l'Escaut.

Nous avons, à diverses reprises, signalé la présence de *Corbicula fluminalis* à ce niveau dans les alluvions des vallées pléistocènes de la Moyenne- et de la Basse-Belgique; cette coquille paraît être le seul Lamellibranche qui soit caractéristique d'une partie du Pléistocène de notre pays <sup>(2)</sup>.

Nous profitons de cette note pour reproduire ci-dessous en extrait une lettre qui nous a été adressée anciennement par feu le géologue J. Cornet et qui donne des indications intéressantes sur la rencontre de coquilles de *Corbicula fluminalis* le

(1) Détermination par M. V. Van Straelen.

(2) F. HALET, *Bull. de la Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrolog.*, t. XLI (1931), t. XLIII (1933) et t. XLVIII (1938).

long du littoral de la mer du Nord : « Je vous signale que *Corbicula fluminalis* n'est pas rare du tout sur toute notre plage. J'en trouve plusieurs chaque année à Knocke. Un de mes élèves en a trouvé une demi-douzaine à La Panne en quelques jours. Ce qui est curieux, c'est que ces coquilles sont dans un état de fraîcheur remarquable. Peu ou pas roulées, avec l'épiderme conservé et les dents si délicates de la charnière. Il faut donc qu'elles se renouvellent sur la plage et que, par conséquent, la vague en arrache continuellement à un dépôt qui en renferme en réserve. C'est, sans doute, le niveau dans lequel Dollfus en a trouvé au vieux forage d'Ostende, niveau qui doit affleurer au fond un peu au large. Pas besoin de faire remarquer qu'un dépôt qui renferme tant de *Corbicula fluminalis* doit être *fluminal* et non marin. »

---

## Compte rendu de l'excursion à la Mine de Plomb et Pyrite de Vedrin (4 et 5 mars 1939),

par I. DE MAGNÉE et E. SIMONS (1).

A leur arrivée à la mine, les excursionnistes furent aimablement accueillis par M. A. Courtois, directeur général de la Société des Mines de Vedrin. Celui-ci leur fit un bref historique des exploitations de Vedrin.

L'exploitation du gisement de plomb de Vedrin est fort ancienne, comme celle de la plupart des filons du bassin de Namur, depuis Fleurus jusqu'à Liège.

Les travaux souterrains établis dans les filons de Vedrin furent de nombreuses fois abandonnés en raison de venues d'eau.

C'est vers 1630 que des travaux systématiques commencèrent à être entrepris et de cette époque à nos jours l'histoire de la mine de Vedrin n'est qu'une suite de demandes en concession, d'octrois et de transactions entre les demandeurs et les autorités de l'époque. On trouve dans des registres anciens les changements de concessionnaires, l'exposé de leurs litiges, ainsi que des détails sur les modalités de rétribution, les taxes fiscales et les coutumes en ces matières, qui sont dignes de figurer dans une histoire du droit minier.

En conclusion de son exposé, M. Courtois fit ressortir, par un exemple vieux de 300 ans, qu'en ces temps éloignés les intrigues et le recours aux puissants de la terre avaient une efficacité non moins grande qu'à notre époque.

Passant ensuite à l'historique de la reprise de la mine, en 1928, il fit ressortir les difficultés qui défendaient l'accès du gisement : éboulements dans la galerie d'évacuation des eaux et noyage complet de tous les travaux au-dessous du niveau de cette galerie.

Il a donc fallu commencer par remettre en état cette areine des anciens exploitants, longue de 4 km. et située au niveau de 80 m. au-dessous du sol au puits Sainte-Barbe, le siège

---

(1) Cette excursion avait dû être dédoublée à cause de la difficulté de conduire un groupe nombreux dans les travaux souterrains. Assistèrent à l'excursion : MM. Anciaux, Camerman, de Magnée, Denaeyer, Dumon, Evrard, Grosjean, Gulinck, Lecouturier, Liégeois, Masuy, Mélon, Metz, Simons, Ronchesne, Thoreau, Van Esbroeck, Verhoogen.

d'extraction actuel. Cette opération n'a pas été sans présenter de grandes difficultés, en raison des poches de sable oligocène rencontrées sur le parcours de l'areine <sup>(2)</sup>.

Le recarrage de l'areine terminé, il s'est agi d'effectuer la remise en état des puits du siège Sainte-Barbe. Ces puits, au nombre de deux, avaient été foncés par les anciens exploitants jusqu'à 130 m. Le puits d'exhaure se trouvait isolé du reste des travaux par un serrement. Cette particularité permit d'accéder assez rapidement à l'étage 130 m. du puits d'exhaure et d'y construire une salle de pompes capable d'assurer le dénoyage. Celui-ci put être effectué en peu de temps, non sans soulever cependant des problèmes techniques importants.

Après l'exposé de M. Courtois, les excursionnistes entendirent une description générale des gisements faite par les conducteurs de l'excursion.

#### **Situation générale et allure du gisement de Vedrin.**

Le gisement de plomb, zinc et pyrite de Vedrin est situé à environ 4 km. au N.-E. de Namur, sur le flanc nord du Synclinal de Namur. La partie productive est logée dans le Calcaire carbonifère, comme c'est le cas pour les nombreux filons plombo-zincifères qui s'alignent le long du bord nord, puis sud du Synclinal de Namur, puis le long du bord sud du synclinorium de la Vesdre, depuis Fleurus-Ligny jusqu'à Moresnet, en passant par Vedrin, Gelbressée, Couthuin, Corphalie, Engis, Angleur, La Rochette, Pepinster, Welkenraedt.

Tous ces gisements appartiennent à la même famille métallogénique, caractérisée par l'association minéralogique : blende zonaire (« schalenblende »), galène, marcassite, calcite.

Le gisement de Vedrin est constitué par deux filons bien individualisés : le filon principal, dit « Filon du Croisier », et un filon secondaire, dit « Filon du Pequet », que l'on peut considérer comme une branche du premier (voir fig. 1).

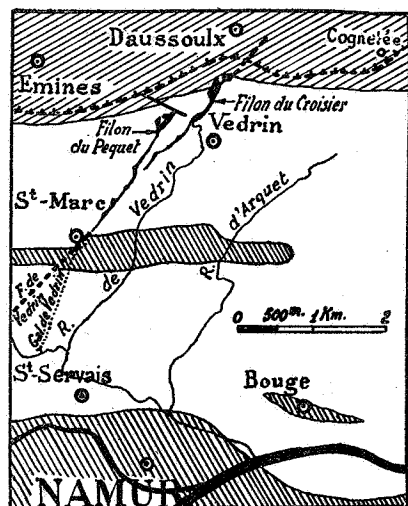
Ces filons coïncident avec des failles normales appartenant au champ de fractures radiales si bien développé au Nord de Namur <sup>(3)</sup>.

(2) A. COURTOIS et J. MARTELÉE, Les problèmes posés par l'organisation de l'exhaure aux Mines de Pyrite de Vedrin (*R. U. M.*, t. XIII, 1937, p. 213).

(3) Cfr. V. BATY, La tectonique des terrains paléozoïques au Nord de Namur (*Ann. Soc. géol. de Belg.*, t. LVI, 1932-1933, p. B 194).

A la traversée des calcaires viséens du bord nord du Synclinal de Namur, la « Faille de Vedrin » a été minéralisée par des venues hydrothermales sulfurées. Le remplissage consiste en dépôts successifs et alternants de marcassite, galène et blende.

Ce mécanisme de dépôt confère au remplissage filonien une belle structure rubanée, souvent symétrique, lorsque des accentuations de la faille, contemporaines de la minéralisation ou








-  *Chapeaux de fer.*  
 *Houillier.*  
 *Calc. carbonifère.*  
 *Dévonien supérieur.*  
 *Oligisteoolithique.*

fig. I

FIG. 1. — Echelle : 1/100.000.

postérieures à celle-ci, ne sont pas venues disloquer ou broyer ce remplissage.

Les minerais non broyés et riches en blende rappellent fort le minerai classique de Moresnet. Les minerais bréchiformes et les minerais rubanés pauvres en blende sont d'aspect différent. Nous les décrivons plus loin.

Les teneurs du minerai tout-venant en Fe, Pb, Zn et S sont très variables d'un point à l'autre des filons. A l'époque de notre visite, le minerai extrait contenait, en moyenne, environ 70 % de marcassite, 4 à 6 % de galène et 2 à 4 % de blende. Le



reste est formé de dolomite provenant d'enclaves stériles et de calcite blanche provenant surtout du ciment des brèches filoniennes.

#### Allure des filons.

Le filon principal, dit du Croisier, est logé dans une faille normale importante, la faille de Vedrin. Celle-ci est dirigée N.-40°-E. et traverse tout le flanc nord du bassin de Dinant.

La faille est minéralisée dans sa partie qui affecte les calcaires et dolomies du Carbonifère, soit sur plus de 2.500 m., depuis Saint-Marc jusqu'à près d'un kilomètre au Nord de Vedrin, c'est-à-dire jusque dans le Famennien. L'affleurement du filon est jalonné par un chapeau de fer important, qui fut exploité comme minerai de fer (fig. 1).

La puissance du remplissage filonien non oxydé varie de 0 à 2<sup>m</sup>50, la moyenne étant de 0<sup>m</sup>80 environ. Ce filon a un pendage est variant de 65° à 85°. Il semble exister une relation entre le pendage et la puissance.

A 120 m. au Nord du puits d'extraction actuel, le filon secondaire du Pequet se détache du Croisier et se dirige sensiblement S.-N., jusqu'au Famennien. Le pendage de ce filon est de 70° à 80° Est. Dans la zone actuellement exploitée, il se divise en deux branches.

Au Sud du puits d'extraction, le filon unique est encaissé dans les calcaires viséens. Au Nord de ce puits et au niveau actuel d'exploitation (100 à 130 m. de profondeur), les filons sont encaissés dans les dolomies du Viséen inférieur et du Tournaisien. Les bancs calcaires et dolomitiques sont dirigés en moyenne N.-80°-E. et leur pente est de 15° à 25° Sud.

Les failles minéralisées sont toutes du type normal, leur toit étant descendu par rapport au mur, comme l'indiquent le sens de leur rejet horizontal et aussi le fait que les bancs formant le toit sont localement repliés vers le haut : ils montrent d'assez forts pendages vers le S.-E. Le rejet horizontal de la faille principale est de l'ordre de 200 m., ce qui correspond à un rejet vertical de 35 m. environ.

Vers le Nord, les travaux sont à la veille d'atteindre les schistes et grès du Dévonien. On s'attend, d'après les documents anciens existants sur l'exploitation des niveaux supérieurs, à ce que les filons s'y amincissent ou s'y éparpillent.

La puissance des filons est sujette à des variations très brusques, de même que la proportion de plomb et de zinc dans

le remplissage. Dans certains quartiers, le zinc est pratiquement absent. En certains points subsiste seule la marcassite.

Les épontes sont le plus souvent bien marquées. Localement la masse sulfurée est séparée de la roche carbonatée saine par une salbande argileuse ou par de la dolomie pulvérulente. Ailleurs les épontes sont injectées par un réseau de petites veines à remplissage de marcassite ou de calcite. Le contact avec le remplissage proprement dit est alors indistinct.

#### **Minéralisation primaire.**

Le sulfure dominant à Vedrin est une belle *marcassite* à longues fibres parallèles, implantées normalement aux parois du vide comblé. En coupe normale, ces fibres montrent des sections irrégulières ou grossièrement polygonales. De fines stries d'accroissement, très serrées, sont disposées perpendiculairement aux fibres. Une légère altération suffit pour les faire apparaître nettement.

La marcassite est localement transformée en pyrite dans des conditions spéciales dont nous reparlerons.

Les fibres se terminent par des facettes bien nettes, parmi lesquelles on reconnaît les faces *p* striées diagonalement. Les parois de géode en marcassite ont une allure mamelonnée ou réniforme, correspondant à une structure fibroradiée. On trouve des stalactites en marcassite.

La *galène*, très peu argentifère, se présente en gros cristaux à facies cubique idiomorphe, sauf sur la face d'implantation.

La *blende* est zonaire (« schalenblende »), à texture amorphe colloforme (teinte jaune très clair) ou bien finement grenue (teinte brune). Dans ce cas, elle montre une faible anisotropie, sans qu'on puisse cependant la considérer comme de la wurtzite typique. A l'œil nu, on ne voit jamais de cristaux idiomorphes de blende.

La *calcite* est largement cristallisée et comble beaucoup de fissures ou tapisse des géodes.

Le mécanisme de dépôt de ces minéraux est essentiellement une incrustation de vides par des solutions minéralisantes variant fréquemment de composition.

Les phénomènes de remplacement métasomatique ne jouent qu'un rôle subordonné, quoique la roche encaissante soit calcaire ou dolomitique. C'est à peine si les épontes et enclaves montrent une légère imprégnation par de la marcassite, ne

pénétrant la roche que sur quelques centimètres ou millimètres de profondeur. Par contre, les solutions minéralisantes ont manifestement attaqué et dissous la roche carbonatée, en élargissant ainsi les vides formés par les mouvements tectoniques.

La superposition régulière des dépôts successifs n'est troublée que par les mouvements répétés qui ont déplacé l'une par rapport à l'autre les épontes des filons, au cours de la minéralisation. Ces mouvements ont disloqué plus ou moins les dépôts déjà cristallisés.

La minéralisation a partout débuté par un important dépôt de marcassite fibreuse, parfois épais de plusieurs décimètres. C'est ce sulfure qui est partout en contact avec les épontes et aussi avec les enclaves de dolomie noyées dans le remplissage filonien.

Puis se développe une première génération de galène, suivie par un faible dépôt de blende.

Ce cycle recommence ensuite, toujours dans l'ordre marcassite-galène-blende. On compte ainsi, par endroits, jusqu'à dix récurrences. Les derniers cycles comportent en outre de la *calcite*, qui succède généralement à la blende, ou comble des fissures et de petites géodes.

A certains moments deux minéraux se déposaient simultanément : la marcassite et la galène, la blende et la galène. La calcite peut se précipiter en mélange confus avec un ou deux des trois sulfures.

L'évolution de la solution minéralisante obéissait donc à une loi bien déterminée.

L'épaisseur des croûtes cristallines varie fort d'une génération à l'autre, et, pour une même génération, d'un point à l'autre des filons. Les derniers cycles sont en général plus riches en galène et blende que les premiers.

Les parties de filon qui ont échappé au rebroyage montrent une disposition à peu près symétrique par rapport au plan médian de la fissure. Ce plan de symétrie est jalonné par de petites géodes.

Les dépôts peu importants de galène tendent à s'effectuer sous forme de gros cristaux isolés. Ceux-ci sont alors englobés dans une masse de marcassite fibreuse et s'alignent exactement suivant une zone d'accroissement de celle-ci. Ils sont distants entre eux de quelques centimètres et orientés de façon quelconque.

Les fibres de marcassite sont interrompues net sous un cristal de galène, mais au-dessus, elles se replient (fig. 2) en forme

d'ogive en laissant un vide. Ce vide est comblé par de la blende. Une petite géode subsiste parfois. Un peu plus haut la marcassite reprend sa disposition régulière.

La vitesse de cristallisation de la galène était plus grande que celle des fibres de marcassite. Au-dessus du cristal de galène les zones d'accroissement de la marcassite présentent une convexité tournée vers le cristal.

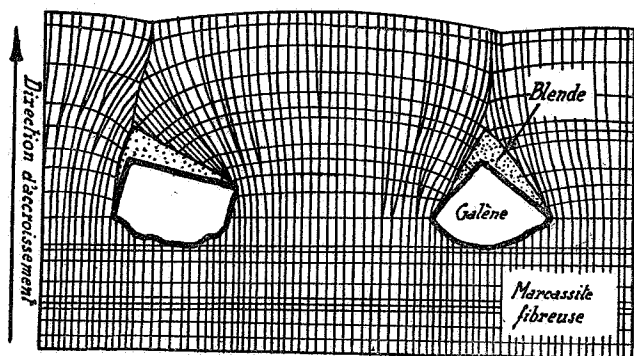


FIG. 2. — Echelle : 1/1.

La blende corrode un peu la galène en y pénétrant le long des clivages.

Si la précipitation de galène est plus importante, les cristaux sont jointifs et forment une zone assez continue, ayant jusqu'à 10 cm. d'épaisseur. La blende qui succède à la galène forme alors une zone également continue, encapuchonnant les cristaux de sulfure de plomb. Cette blende possède une structure zonaire assez nette. Comme le montre le croquis figure 3, les zones de blende épousent les irrégularités de la couche de galène en les atténuant. Il y a donc une nette succession dans le temps.

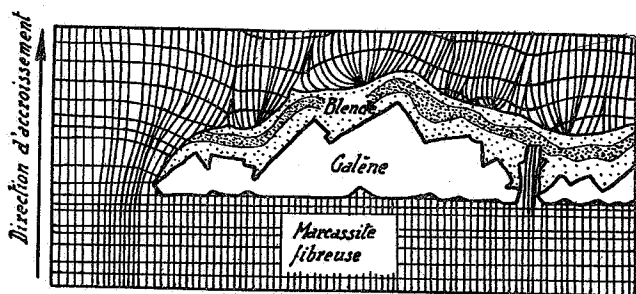


FIG. 3. — Echelle : 1/1.

A la blende succède une zone de marcassite fibroradiée, qui tend à reprendre plus haut une structure à fibres parallèles.

Si les zones de galène sont interrompues, les zones de blende le sont également. La blende tend donc à ne se précipiter que sur la galène, à l'exclusion de la marcassite. Cette « sympathie » entre les sulfures de plomb et de zinc est remarquable.

Il existe toutefois, en certains points, des minerais très blendeux, dont les zones de blende sont continues, même si la galène est presque absente. Dans ce cas, ces zones alternent avec des dépôts de marcassite.

#### **Dislocation des filons.**

La plus grande partie des filons a été affectée par des glissements suivant approximativement les surfaces de faille. Ces mouvements ont eu lieu à plusieurs époques. Ils peuvent se traduire par de simples « réouvertures », mais parfois aussi par un broyage intense pulvérisant le minerai.

Il faut distinguer les dislocations contemporaines de la minéralisation de celles qui lui sont postérieures.

Les premières donnent lieu à la formation de *brèches filoniennes*. Les éléments de brèche sont constitués par des fragments anguleux de minerais zonés, auxquels viennent se mêler des blocs et fragments de dolomie et de calcaire, lorsque la dislocation a affecté également les épontes. Le diamètre des éléments de brèche varie de plusieurs décimètres à une fraction de millimètre.

Le ciment est toujours de la marcassite ou de la calcite. Il est curieux d'observer qu'à une période de dislocation succédait invariablement un dépôt de marcassite ou de calcite. Il y avait donc une relation entre les mouvements tectoniques et les variations de composition des solutions minéralisantes.

Latéralement, les brèches passent à des minerais rubanés simplement fissurés, les fissures étant toujours comblées par la marcassite ou la calcite.

Aux points où le filon est bréchiforme, les épontes sont généralement traversées par une multitude de filonnets de marcassite.

Le ciment des brèches est souvent incomplet, de sorte qu'il subsiste de nombreuses petites géodes.

Les dislocations postérieures à l'époque de minéralisation ont broyé localement le minerai sans qu'il y ait eu introduction d'un ciment, si ce n'est un peu de calcite de sécrétion latérale.

Des parties du filon du Pequet ont été littéralement pulvérisées : le minerai est devenu une masse meuble noirâtre, exploitable à la pelle.

#### **Acidité des solutions minéralisantes.**

On sait, depuis les travaux d'Allen et Crenshaw, que la marcassite précipite de solutions acides. Des solutions alcalines forment généralement de la pyrite.

La marcassite, minéral dominant à Vedrin, indique la nature acide des solutions minéralisantes, du moins pendant certaines phases de la minéralisation.

Leur acidité est aussi mise en évidence par l'attaque des éponges calcaires ou dolomitiques et par la dissolution locale de la calcite filonienne.

On trouve de curieuses brèches à ciment de marcassite enclavant des fragments de dolomie. Ceux-ci sont très attaqués chimiquement et réduits à l'état d'un peu de sable dolomitique résiduel ou bien de fragments arrondis flottant librement dans des cavités polyédriques à cloisons de marcassite.

#### **Formation de pyrite.**

Au contact des éponges et du premier dépôt de marcassite s'observent souvent de petites cavités de dissolution, parfois tapissées de minuscules cristaux de *pyrite* à facies octaédrique. Nous pensons que la formation de cette pyrite est due à la neutralisation momentanée des solutions minéralisantes acides au contact direct de la roche carbonatée (4).

Des sections polies faites au travers de ces contacts ont révélé l'existence de microbrèches à éléments anguleux de marcassite et ciment de pyrite.

D'autre part, une partie au moins du sulfure de fer pulvérent du filon du Pequet est de la pyrite. Nous supposons que celle-ci provient d'une transformation secondaire de la marcassite broyée, restée longtemps en contact intime avec des eaux alcalines.

#### **Phénomènes d'oxydation.**

Les deux filons de Vedrin étaient surmontés par un chapeau

---

(4) Nous rapprochons cette observation de l'existence aux États-Unis d'Amérique, dans le Wisconsin, de filons de marcassite traversant des calcaires et possédant un liséré de pyrite suivant le contact avec les éponges. Cfr. CH. H. BEHRE, E. R. SCOTT, A. F. BANFIELD, The Wisconsin Lead-Zinc District (*Economic Geology*, t. XXII, n° 6, sept.-oct. 1937).

de fer très développé. C'était une épaisse masse de limonite, remplissant de grands entonnoirs dans les calcaires et dolomies. On sait que ces entonnoirs sont creusés par l'acide sulfurique résultant de l'oxydation de la marcassite.

La base de la zone d'oxydation suit une ligne extrêmement irrégulière. Dans les zones très fissurées, l'oxydation s'est étendue loin au-dessous du niveau hydrostatique. Dans le filon du Pequet, une partie des travaux actuels, entre 102 et 130 m. de profondeur, est encore dans la zone d'oxydation : on y exploite des limonites terreuses contenant des fragments de galène et de blende. Ces deux sulfures ont partout bien résisté à l'oxydation. On ne trouve que des traces de smithsonite et de cérusite.

Le niveau hydrostatique a dû être très bas à certaines époques géologiques, puisque l'oxydation s'étend à plus de 30 m. au-dessous du niveau de la Meuse à Namur. A cette profondeur on trouve d'ailleurs de petites cavernes de dissolution dans les calcaires, sans revêtements sulfurés ou limoniteux.

Sur des parois de galeries assez anciennes, on assiste à la formation de sulfates solubles de Fe, Mg, Al et Ca. M. Schoep a signalé récemment la *copiapite* ( $2 \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{SO}_3 \cdot 17 \text{H}_2\text{O}$ )<sup>(5)</sup>. Nous avons trouvé également du *gypse*, de la *mélanterite* ( $\text{FeSO}_4 + 7 \text{H}_2\text{O}$ ) et de la *pickeringite* ( $\text{MgSO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 22 \text{H}_2\text{O}$ ). Ce minéral n'a pas encore été signalé en Belgique à notre connaissance. Il se présente en houppes de longues fibres blanches, élastiques, à éclat soyeux.

#### Température de formation et âge du gisement.

Les filons de Vedrin rentrent nettement dans la catégorie des gisements épithermaux (*sensu* LINDGREN), formés au-dessous de 175° C. L'étude des inclusions liquides à bulle gazeuse dans les sulfures des gisements B.G.P. de la Silésie et du Mississipi, très analogues aux gisements du type Moresnet, a permis de conclure à des températures de formation de l'ordre de 100°.

D'après des découvertes récentes, il semble bien que l'on doive admettre que la minéralisation de nos gisements de la Meuse et de la Vesdre s'est effectuée à une époque beaucoup plus récente que celle généralement admise par les géologues belges (Jurassique). En effet, des sondages effectués dans le Limbourg hollandais, immédiatement au Nord des gisements

<sup>(5)</sup> A. SCHOEP, Copiapiet uit de ertsmijn van Vedrin (*XXX<sup>e</sup> Vlaamsch Natuur- en Geneeskundig Congres*, Leuven, 22-24 April 1938, pp. 141-142).

de Moresnet et Bleyberg, ont révélé que l'assise des Sables d'Aix-la-Chapelle (Sénonien inférieur) était minéralisée à l'aplomb de filons recoupant le Houiller <sup>(6)</sup>. Les gisements de Moresnet et équivalents seraient donc formés postérieurement au Sénonien et probablement à faible profondeur.

### Exploitation.

Lors de la reprise de la mine de Vedrin, le filon était exploité presque complètement jusqu'au niveau de 102 m. On exploite actuellement la tranche 102 m. - 130 m.

L'exploitation se fait par longues tailles chassantes inclinées et remblayage complet. Les produits abattus à l'explosif glissent sur des tôles posées sur le remblai. L'inclinaison moyenne de la taille est de 35 à 40°, sa longueur de 20 à 30 m. suivant la pente.

L'exploitation est rendue difficile par les variations brusques de la puissance, de la direction et de l'inclinaison des filons.

Dans les zones pauvres ou en étreinte, on procède à la reconnaissance du gisement par des montages effectués entre la voie de roulage et la voie de retour d'air, en avant des tailles. Ces montages permettent de délimiter les massifs à abandonner.

L'écoulement des eaux est assuré par des canaux de 80 cm. de section, recouverts de dalles sur lesquelles est établie la voie de roulage. L'épuisement des eaux constitue une lourde charge : environ 25.000 m<sup>3</sup> sont pompés et déversés par 24 heures dans l'areine du niveau de 80 m.

### Itinéraire au fond (voir fig. 4).

Après avoir entendu ces explications, les excursionnistes descendent à l'étage de 102 m. de profondeur et se dirigent vers le Nord-Est dans le chassage qui suit à ce niveau le filon principal du Croisier. Aux environs du puits, ce filon est en étreinte presque complète : nous pouvons observer déjà l'aspect broyé et pulvérulent de la minéralisation qui, à cet endroit, a une épaisseur de 10 à 15 cm. (point 1, fig. 4). Au mur dolomitique du filon, une bande de marcassite zonaire de 4 à 5 cm. d'épaisseur a conservé sa structure originelle.

La présence de galène se trahit par les suintements blanchâtres qui coulent aux parois de la galerie. Les zones riches en galène sont généralement de moindre résistance et se présentent sous un aspect finement pulvérulent.

(6) Communication verbale de M. l'ingénieur P. DE WIJKERSLOOTH.



Nous poursuivons notre chemin vers le N.-E. et arrivons bientôt à la bifurcation des deux filons du Pequet et du Croisier. Ce point de jonction n'est d'ailleurs pas physiquement observable, parce qu'à ses abords les deux filons sont en étreinte et que la faille elle-même semble se diviser et donner naissance à plusieurs petites failles disposées en relais et non minéralisées.

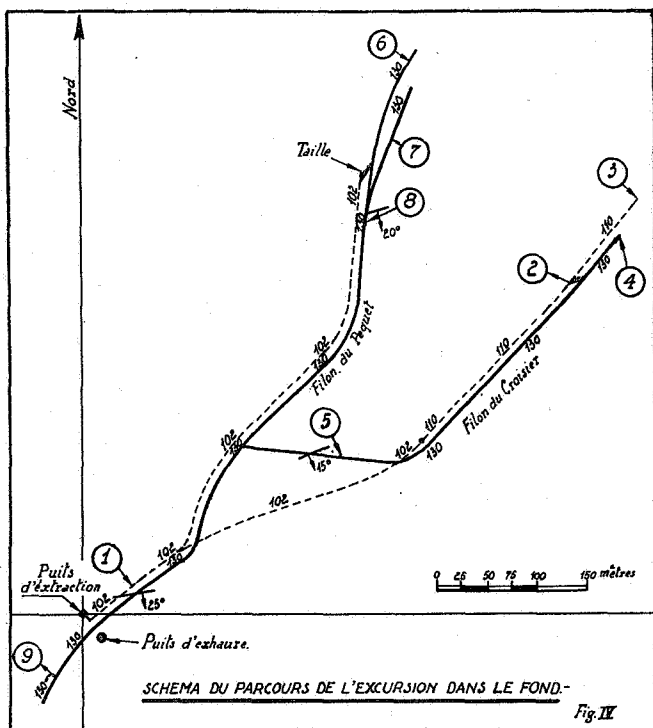


FIG. 4. — Schéma du parcours de l'excursion dans les travaux souterrains de la mine de Vedrin. Echelle : 1/7.500.

Descendant ensuite à l'étage 110 m., nous arrivons bientôt à la tête de la taille ouverte dans le filon du Croisier entre les étages 110 et 130 m. (point 2). Le front de taille est particulièrement intéressant à observer, parce que le filon y présente un caractère très net de brèche tectonique à éléments de grosseur variable de B.G.P., partiellement cimentée par de la marcasite et de la calcite. On observe aussi des enclaves de dolomie encaissante de dimensions diverses, noyée dans le filon. La puissance du filon est de 1<sup>m</sup>50 à 2<sup>m</sup>50. Sa pente est de 70°

environ vers l'Est et sa direction de N.-40°-E. Dans la partie supérieure de la taille, on voit assez bien de galène en bandes irrégulières de gros cristaux associés à de la blende zonaire et à de la marcassite fibreuse. Dans la partie inférieure de la taille, au contraire, le caractère bréchiforme s'accroît; le filon passe localement à un agrégat pulvérulent d'éléments de dimensions inférieures à quelques millimètres. Dans ce cas, la galène est toujours finement broyée et apparaît au front de taille sous forme de traînées grises tranchant sur le fond plus clair de la marcassite bréchiforme. Il faut noter d'ailleurs qu'en plusieurs endroits, le pourcentage de stérile (dolomie encaissante ou calcite blanche filonienne) devient assez élevé. Les enclaves dolomitiques conservent généralement, dans la brèche, des dimensions plus considérables que les fragments de sulfures.

On distingue aussi dans le toit du filon un réseau de fractures secondaires minéralisées en marcassite, dont l'ouverture est de 10 à 15 cm. et qui pénètrent assez profondément dans les épontes. De ce fait, le passage du filon proprement dit à son toit est assez progressif.

Avant de descendre la taille, certains d'entre nous firent un détour pour voir le filon dans un montage **3** creusé au-dessus du chassage de 110 m. Le filon y a une puissance de 1<sup>m</sup>75 à 2 m. Il est beaucoup moins rebroyé que dans la taille **2** et contient une proportion notable (6 % environ) de galène en cristaux de 0,5 à 1 cm. de côté et de calcite blanche en gros cristaux.

Cette calcite occupe localement presque toute l'épaisseur du filon; elle est alors mélangée d'un peu de pyrite ou de galène; mais nous n'avons pas observé d'association de blende avec la calcite filonienne.

Au pied de la taille **2** nous poursuivons vers le Nord le chassage 130 jusqu'au front de taille de celui-ci. Nous observons, en passant, la confection du dallot d'évacuation des eaux et la manière dont l'eau circule par les fissures du calcaire et les joints de stratification. A l'extrême Nord du chassage (**4**), le filon a une ouverture de 0<sup>m</sup>40 seulement. La pyrite y est oxydée partiellement en limonite et nous y relevons la présence d'un peu de calamine.

Revenant ensuite vers le Sud par la voie de roulage principale de 130, les excursionnistes quittent le filon du Croisier pour se diriger en travers-bancs vers l'Ouest, c'est-à-dire vers le filon du Pequet. Nous avons l'occasion d'observer ici (**5**) la

direction et l'inclinaison des bancs de dolomie, ainsi que la nature de celle-ci. On voit notamment que le pendage faible vers le Sud est la règle, comme presque partout, dans les travaux de la mine. Nous remarquons aussi que les venues d'eau sont très réduites dans la bacnure de recoupe Pequet-Croisier en comparaison de celles que nous trouvons dans le chassage, ce qui nous permet de conclure à l'existence d'une zone de circulation plus intense aux environs immédiats des failles, où les roches sont toujours plus fissurées.

Pénétrant ensuite dans les chantiers du Pequet, nous observons une nouvelle bifurcation de filons, présentant cette fois une ligne de jonction réelle et des caractères très intéressants. En effet, la jonction **8** des deux embranchements du filon du Pequet correspond à un élargissement considérable du filon (2 à 3 m.) et à une zone de broyage intense. Fait plus remarquable, l'embranchement ouest seul manifeste des preuves de mouvements tectoniques postérieurs à la minéralisation, tandis que la branche est présente une structure rubanée intacte et même, en certains endroits, symétrique (point **7**). Nous observons clairement la succession des dépôts dans cette branche de filon : marcassite aux parois, suivie d'un dépôt de galène accompagnée de blende, suivie d'un nouveau dépôt de marcassite.

Dans le filon du mur (branche ouest), au contraire, nous avons affaire à une minéralisation rebroyée et plus ou moins recimentée. Cependant, ces phénomènes y sont difficilement observables en raison d'une oxydation intense qui s'est produite dans toute cette zone. Celle-ci a transformé localement le filon sulfuré en un véritable filon de limonite, contenant des fragments de galène et de blende, ainsi que des morceaux de marcassite intacts. L'exploitation a démontré que cette zone d'oxydation, très étendue à l'étage 130 m., est au contraire beaucoup plus réduite à l'étage 102 m., qui lui est cependant supérieur. La base de la zone d'oxydation est donc une ligne très irrégulière.

En passant, nous observons dans la dolomie des épontes du filon du Pequet ouest, un banc fossilifère à *Syringopora* de 8 à 10 cm. d'épaisseur. Ce banc est décalé horizontalement de 70 m. environ de part et d'autre de la faille.

Revenant ensuite au puits, les excursionnistes visitèrent au Sud de celui-ci une importante venue d'eau souterraine, alimentée par un drain. Il est remarquable qu'elle continue à donner un fort débit, quoique les travaux au Nord et au Sud se soient poursuivis sur plus de 1.500 m.

L'excursion se termina par une rapide visite de l'atelier de flottation traitant le minerai de Vedrin. Ces installations modernes ont apporté enfin une heureuse solution au difficile problème de la séparation des trois sulfures B.G.P. dans les minerais complexes à grain fin.

Rappelons que cette séparation était pratiquement impossible avant l'introduction de la flottation sélective et que cette carence a conduit à beaucoup de gaspillage dans nos vieilles mines de zinc et de plomb et aussi à l'abandon prématuré de gisements intéressants.

Les excursionnistes remercièrent chaleureusement de son accueil M. Courtois, cheville ouvrière de ce renouveau qu'est Vedrin de notre vieille industrie extractive de minerais filoniens.

*Université Libre de Bruxelles.*  
Laboratoire de Géologie appliquée.

---

## La géologie de la crête de partage Lys-Escaut entre Sweveghem et Moen,

par F. HALET (\*).

Dans le courant de l'année 1939, l'Administration des Ponts et Chaussées a fait exécuter un certain nombre de sondages de recherche sur les deux rives du canal de Bossuyt à Courtrai, dans la partie de cette voie navigable, comprise entre la route de Courtrai à Audenaerde et le pont n° 1 dit de Saint-Pierre, situé à 1.700 m. au Nord du clocher du village de Moén (voir le croquis topographique, fig. 1).

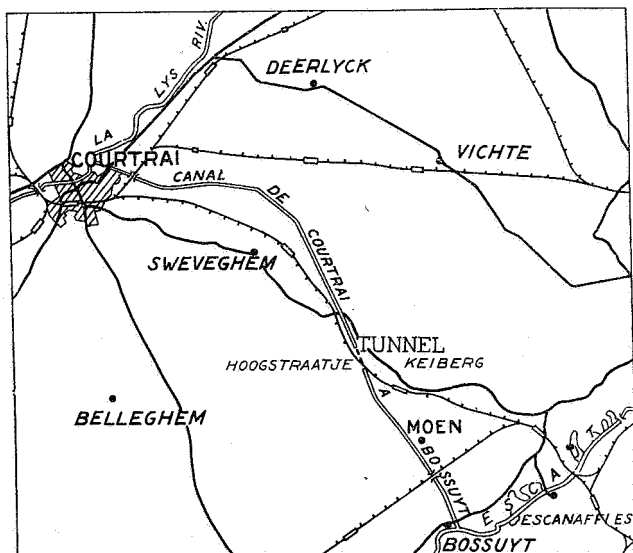


FIG. 1. — Croquis topographique à l'échelle au 1/.200.000.

Le tracé du canal, entre ces deux points, a une direction N.-N.-W.—S.-S.-E.; il suit une légère dépression comprise entre les collines de Hoogstraatje à l'Ouest et de Keiberg à l'Est, hauteurs dont les sommets atteignent les cotes respectives +60 et +66.

Le canal traverse la crête de partage Lys-Escaut vers la cote maximum +46, au moyen d'un tunnel de 600 m. de longueur et de 5<sup>m</sup>80 de largeur au plafond, soit à la cote environ +23.

(\*) Communication présentée à la séance du 18 avril 1939.

En vue de l'étude de la suppression de ce tunnel et d'un abaissement du niveau de la flottaison, cinquante sondages de recherche ont été forés sur les deux rives du canal : vingt-cinq de ces sondages, numérotés de 1 à 25, ont été établis sur la rive Est et vingt-cinq, numérotés de 26 à 50, sur la rive Ouest (voir le croquis topographique, fig. 2).

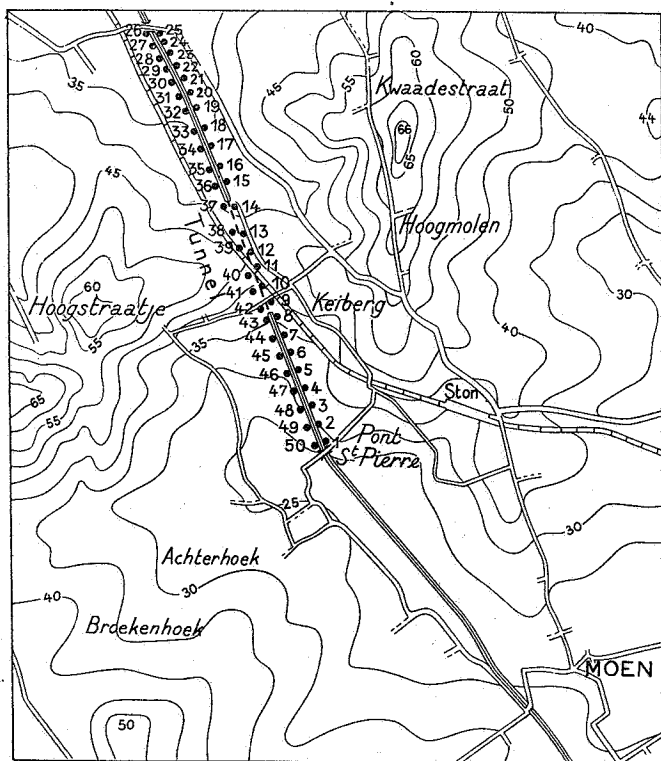


FIG. 2. — Croquis topographique au 1/40.000, indiquant l'emplacement des sondages.

Ces sondages, écartés d'environ 100 m., ont une profondeur variant entre 15 et 40 m.; ils ont été exécutés à la tarière à sec et des échantillons des terrains ont été prélevés à tous les mètres d'avancement.

### COUPE GÉOLOGIQUE.

L'étude des échantillons de terrains nous a permis de dresser une coupe géologique détaillée le long de chacune des rives du canal; mais la nature des terrains étant très semblable sur les

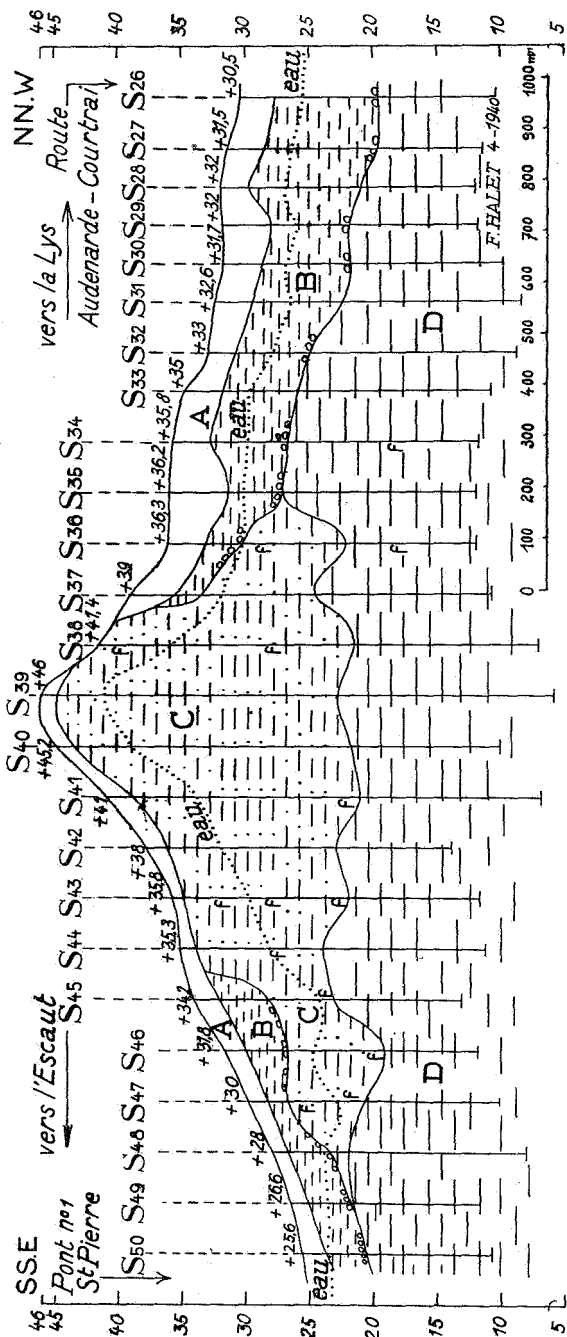


FIG. 3. — Coupe géologique le long de la rive Ouest du canal de Bossuyt à Courtrai, dans la traversée de la crête de partage Escaut-Lys.

deux rives, nous nous bornerons à la reproduction d'une seule de ces coupes, celle établie d'après les résultats des sondages exécutés sur la rive Ouest du canal (fig. 3).

#### Nature des terrains.

Comme un grand nombre de ces sondages ont été établis sur d'anciens déblais déposés sur les rives du canal lors du creusement du tunnel, les premiers mètres traversés par ces forages sont composés d'une épaisseur variable de terrains remaniés.

Sous ces derniers, autant sur le versant Nord que sur le versant Sud de la crête de partage, les terrains sont composés de formations alluviales, de nature sablo-limoneuse ou limoneuse avec des lentilles de sable brun. Ces dépôts sont surtout bien développés sur le versant N.-N.-W. de la crête (lettre A de la coupe, fig. 3).

Sous ces terrains alluviaux, vers le bas des versants de la crête, les sondages ont traversé, sous une épaisseur pouvant atteindre jusqu'à 6 m., des limons gris, calcaireux, à la base desquels se trouve un lit graveleux de très faible épaisseur composé de galets roulés de silex (lettre B, fig. 3).

Nous considérons les terrains susjacentes à ce lit graveleux comme étant d'âge moderne et pléistocène, le gravier marquant la base du pléistocène.

Les formations modernes et pléistocènes reposent sur des terrains d'âge yprésien dans lesquels on peut distinguer, ici, deux assises différentes : une assise supérieure, comprise entre les cotes approximatives +45 et +19 et une assise inférieure, entre les cotes approximatives +19 et +5.

L'assise supérieure (C de la coupe, fig. 3) se compose d'alternances de bancs de sable fin, de sable argileux, d'argile sableuse et d'argile plus ou moins plastique.

Par suite de la structure lenticulaire de ces divers bancs et de leur faible développement, dans le sens tant horizontal que vertical, il n'est pas possible de les distinguer sur une coupe géologique.

De nombreux *Nummulites planulatus* ont été recueillis à divers niveaux des assises C et D; localement, ces amas nummulitiques sont agglomérés sous forme de bancs calcaireux de faible épaisseur.

L'assise inférieure (D de la coupe, fig. 3) est composée d'argile grise, compacte, non plastique, parfois très finement sableuse.

Si l'étude des échantillons des sondages ne permet pas de



tracer une limite bien précise entre les deux assises de l'Yprésien elle permet toutefois de constater qu'entre les cotes +19 et +6 les terrains sont de texture compacte et essentiellement argileux.

D'après les résultats de puits profonds exécutés aux environs de Swevegem et de Moen <sup>(1)</sup>, l'assise D passerait à une argile plastique et subschistoïde à partir de la cote +5; sous le tunnel, à la crête de partage Lys-Escaut, la base de l'Yprésien devrait se trouver vers la cote — 44.

Une coupe géologique établie entre Moen et Swevegem montre que la base de l'Yprésien présente une pente moyenne d'environ 2<sup>m</sup>50 par kilomètre dans le sens S.-S.-E.—N.-N.-W. : ce chiffre représente la pente ordinaire observée jusqu'à présent dans les formations éocènes du Sud de la Flandre. En outre une coupe, menée d'Escanaffles-sur-Escaut par Moen et Courtrai sur la Lys, montre que le toit du Paléozoïque présente une pente moyenne de 3<sup>m</sup>50 par kilomètre entre ces deux localités.

Ces seuls faits ne nous paraissent guère favorables à l'hypothèse de l'existence d'un bombement d'origine tectonique entre les vallées de la Lys et de l'Escaut dans la contrée considérée par cette note.

Seul un sondage, établi sur la crête de partage et d'une profondeur suffisante pour atteindre le socle paléozoïque, permettrait de trancher la question.

Il en résulte que, du point de vue tectonique, cette coupe géologique n'apporte encore aucune confirmation au sujet de l'action de la déformation du sous-sol profond sur le relief.

#### **Hydrologie.**

Nous avons figuré sur la coupe (fig. 3), au moyen d'une ligne pointillée, l'allure probable de la nappe phréatique.

Cette allure résulte de l'observation par le Service de surveillance des Ponts et Chaussées de la cote de la première apparition de l'eau dans les trous de sondage; par conséquent ce pointillé ne présente que l'allure générale de la nappe phréatique et peut manquer de précision dans le détail.

#### **Morphologie.**

La coupe géologique présente un intérêt tout particulier, pour l'étude des phénomènes d'érosion des collines de la

(1) Puits portant les nos 3 et 18 du dossier de Swevegem aux archives du Service géologique de Belgique.

Flandre; c'est un type caractéristique de l'érosion régressive effectuée par des ruisseaux situés au Nord et au Sud de la crête de partage et dont l'effet est de réduire ces collines à l'état de pénéplaine.

L'érosion de la colline de la crête de partage Lys-Escaut est produite du côté Nord par les eaux d'un petit ruisseau, le Hoetermeerschbeek, qui prend sa source au Keiberg vers la cote + 43 et qui longe la rive Est du canal dans la direction du Nord, sur une longueur d'environ 1 km.

Actuellement ce petit ruisseau n'a qu'une largeur et une profondeur de quelques décimètres et son débit est insignifiant. Toutefois, comme semble l'indiquer la coupe géologique, le petit cours d'eau suit le tracé d'un ancien cours d'eau qui à l'époque du Pléistocène supérieur avait fortement érodé les terrains yprésiens des flancs Nord de la colline du Keiberg. Le fond de cet ancien cours d'eau est indiqué par les graviers si bien représentés dans la plupart des sondages situés entre les numéros 26 et 36.

Les sédiments de limon gris qui surmontent le gravier représentent les alluvions de ce cours d'eau; — ces derniers sont surmontés de limon et sables modernes amenés par le ruissellement actuel.

La pente du lit de cet ancien cours d'eau est d'environ 13 m. par kilomètre.

La coupe géologique montre également l'existence à l'époque pléistocène d'un autre cours d'eau qui érodait la colline du côté Sud.

Entre les sondages numéros 45 et 50 on constate, au contact des formations yprésiennes, l'existence, en différents points, de graviers d'un ancien cours d'eau; ces graviers sont également surmontés de limon gris et de limon de ruissellement. La pente du lit de cet ancien cours d'eau est d'environ 16 m. par kilomètre.

Actuellement, sur le flanc Sud, il n'existe plus de ruisseau à proprement parler; il n'y a qu'un petit écoulement d'eaux superficielles.

Il semble résulter de ces constatations que le phénomène d'érosion de cette colline se trouve actuellement dans une phase de tranquillité ou plutôt qu'il y a remblayage et rehaussement du relief ancien. Dans cette partie des Flandres l'érosion semble se borner aux temps actuels à des ruissellements superficiels ou à des phénomènes de solifluxion et de glissement.

## Les eaux artésiennes salines du Bassin de Paris, de la Basse- et de la Moyenne-Belgique,

par J. DELECOURT (\*).

(Quatrième note.)

Je m'occuperai dans cette dernière note de la salure des eaux de certaines formations paléozoïques épaisses. J'étudierai les eaux du Houiller au moyen d'analyses récentes faites dans ce but. Mais je serai très heureux de pouvoir utiliser la précision des travaux anciens. Qu'il me soit donc permis, à cette occasion, de rendre hommage à la maîtrise et à la conscience professionnelle des Berthier, Usiglio, Kuhlmann, Laloy, Willm, Morin, Hanarte, Deghilage, pour citer seulement ceux à qui j'ai le plus emprunté.

Les anciennes analyses ont, avons-nous déjà dit, le défaut d'être en général interprétées. Laloy a pourtant écrit textuellement : « La manière de représenter la composition d'une eau minérale étant généralement considérée comme arbitraire, j'expose dans le tableau suivant les substances renfermées dans un litre de ces diverses eaux sans préjuger d'aucune combinaison » (68, p. 17) (1).

Willm aussi établissait ses analyses en éléments toutes les fois que le Comité consultatif de l'Hygiène publique de France et l'Académie de Médecine ne lui imposaient pas d'autres directives, en général du plus fâcheux effet (69). Dès l'instant où nous possédons une analyse en éléments et radicaux ainsi que son interprétation par le même chimiste, nous parvenons, par la notation en millivalences, à désintégrer toutes les analyses du même auteur. Nous pouvons aussi, de la sorte, rendre toutes les analyses comparables.

Les résultats publiés ci-après sont donnés conformément aux indications du début de ma troisième note (70). Le résidu sec est exprimé en milligrammes par litre; la dureté totale, en degrés français calculés; les degrés alcalimétriques sont égaux aux degrés hydrotimétriques; chaque analyse possède un numéro d'ordre; elle se réfère aux quatre index bibliographi-

---

(\*) Communication présentée à la séance du 16 mai 1939.

(1) Les chiffres gras renvoient à l'index bibliographique placé en fin de la note.

ques de telle sorte que les déterminations originales peuvent être retrouvées facilement. Les lettres F. R. se rapportent aux très remarquables analyses faites, à ma demande, par MM. Carl Camerman et Léopold Meunier, à l'intervention du Fonds National de la Recherche Scientifique. La référence *p* renvoie à ma documentation personnelle.

I. — LES EAUX DE LA FOSSE F.

Toute voisine du Haut-Pays <sup>(2)</sup>, la vieille fosse boraine F est entièrement creusée dans le terrain houiller supérieur. Les morts-terrains y ont une épaisseur pratiquement nulle. Ma démonstration en sera singulièrement simplifiée.

M. L. Meunier a analysé des eaux de cette fosse, captées à l'aplomb du puits et à diverses profondeurs. Les échantillons ont été prélevés, non pas au refoulement des pompes, ni même dans les tenues. Ils sont, en quelque sorte, pris à la source.

Je transcris d'abord les déterminations de M. Meunier :

NUMEROS D'ORDRE

	74	75	76	77
Profondeurs sous le sol . . . . .	186 m.	206 m.	476 m.	980 m.
Résidu à 105° (mgrs/litre). . . . .	1.215	1.113	1.700	8 885
Chlorures (mgrs/litre Cl) . . . . .	111	82,4	81,7	4 075
Sulfates (mgrs/litre SO <sup>3</sup> ). . . . .	282,1	37,7	1,17	159,3
Chaux (mgrs/litre Ca O) . . . . .	201,4	64,7	traces	33
			indosables	
Magnésie (mgrs/lit. Mg O) . . . . .	92,5	35,5	5,5	102,5
Alcalinité (en cm <sup>3</sup> de H <sup>2</sup> SO <sup>4</sup> N/10) . . . . .	108	168,4	278	353,2
Dureté totale (degrés français) . . . . .	67°	23°	1,5°	32°
Nitrites . . . . .	présence	traces	traces	néant
Nitrates . . . . .	présence nette	présence nette	abondants	néant
Ammoniaque . . . . .	néant	présence nette	traces	néant

(2) Le Couchant de Mons est divisé en trois régions bien distinctes. Au Nord du tracé ancien de la Haine s'étend le *Padlaïau* (par delà l'eau). Le *Borinage* occupe la rive gauche de la Haine, mais ne s'étend pas sensiblement au delà de la trace de la faille du Midi sur le sommet du socle paléozoïque. Le *Haut-Pays* est la partie du versant méridional du bassin de la Haine située au Sud de la trace de cette faille.

Changeons de notation en vue de rendre toutes les analyses comparables et traduisons en millivalences. Nous trouvons :

	NUMEROS D'ORDRE			
	74	75	76	77
Profondeurs . . . . .	186 m.	206 m.	476 m.	980 m.
<i>Millivalences acides.</i>				
m CO <sup>3</sup> . . . . .	10,80	16,84	27,80	35,32
m SO <sup>4</sup> . . . . .	7,05	0,94	0,03	3,98
m Cl . . . . .	3,13	2,31	2,30	114,09
Σ a. . . . .	20,98	20,09	30,13	154,09
<i>Millivalences basiques.</i>				
m Ca . . . . .	7,19	2,31	0,00	1,18
m Mg . . . . .	4,63	1,78	0,28	5,13
m (Na+K) . . . . .	(9,16)	(16,00)	(29,85)	(147,78)
Σ b. . . . .	(20,98)	(20,09)	(30,13)	(154,09)
<i>Titre hydrotimétrique au savon.</i>				
Degrés français . . . . .	67°	23°	1,5°	32°
<i>Titre hydrotimétrique calculé = 5 m (Ca+Mg).</i>				
Degrés français . . . . .	59,10°	20,45°	1,40°	31,55°
<i>Titre alcalimétrique = 5 m CO<sup>3</sup>.</i>				
Degrés français . . . . .	54°	84,20°	139°	176,60°
<i>Résidu sec à 105 degrés : R.</i>				
Milligrammes/litre . . . . .	1.215	1.113	1.700	8.885
<i>Millivalences moyennes : E.</i>				
E=R : Σ a . . . . .	57,9	55,4	56,4	57,7

Ces chiffres appellent de nombreux commentaires. Je n'énumère, pour l'instant, que les constatations principales :

1° Les eaux de 186 m. et de 206 m. *sont déjà plus sodiques que calciques*, quoique leur dureté soit encore élevée. Les millivalences chlore sont inférieures aux millivalences Na + K.

*L'échange de bases* est donc en voie d'exécution; il est beaucoup plus avancé dans les eaux de 206 m. que dans celles de 186 m.

2° Les eaux de 476 m. ne titrent que 1,5 degré français au savon. *Elles ne contiennent pour ainsi dire que du bicarbonate de sodium* exprimé par 27,52 millivalences CO<sup>3</sup> en carbonate ou par 137,6 degrés alcalimétriques. Les eaux sont donc captées dans *la zone de salure* ou des eaux douces sodiques. Mais elles

ne possèdent que 2,30 millivalences chlore. Elles proviennent donc du début de la zone des eaux douces sodiques ou de salure. Les sulfates sont très peu abondants. Nous avons donc affaire à une *bicarbonatée sodique* (45, p. 522) du début de la zone de salure.

3° *Les eaux de 980 m. sont typiquement sursalées* : chlorures abondants, dureté déjà élevée, résidu sec considérable. Mais nous sommes en droit de nous étonner de leur titre alcalimétrique particulièrement élevé (176,6 degrés alcalimétriques). Nous y reviendrons.

4° Les millivalences  $\text{SO}^4$  sont plus faibles que les millivalences  $\text{CO}^3$ .

5° Le nombre des millivalences chlore ne progresse pas régulièrement avec la profondeur.

6° Le nombre des millivalences sodium croît du sol au fond du puits.

La fosse F est très ancienne. Son exhaure se poursuit depuis des lustres. Il est influencé par l'importance des précipitations atmosphériques et de l'infiltration, tout comme le débit des courants artésiens des formations tertiaires ou crétacées. Les périodes de hautes et basses eaux saisonnières se succèdent au puits F comme dans les forages artésiens de la vallée de la Haine. *Il ne peut donc être ici question d'eaux connées ou enfermées. Nous avons affaire à de véritables eaux errantes du Houiller, quoique les débits soient en général faibles.*

Nous retenons de ce qui précède que les eaux du Houiller au puits F appartiennent vraisemblablement à des horizons aquifères différents, mais encore alimentés de nos jours par l'infiltration. Les eaux de ces niveaux superposés se comportent somme toute de la même façon que les eaux de courants artésiens des formations tabulaires de la Basse- et de la Moyenne-Belgique. *Elles subissent les mêmes lois d'échanges de bases, de salure et de sursalure.*

Il est plus exact de dire que leur *sodicité* augmente en profondeur que de prétendre que *leur salure* s'élève au fur et à mesure que la prise d'eau se fait à plus grande distance du sol.

En somme au puits F, les eaux sont captées dans des zones d'échange de bases à 186 et 206 m. Elles proviennent d'une zone de salure à 476 m. Elles sont sursalées à 980 m. Il est probable que des prises d'eau derrière le cuvelage donneraient, entre 0 et 186 m., des eaux dures proprement dites.

Les eaux les plus minéralisées du puits F ont un résidu sec

de 8.885 milligrammes par litre. Déplaçons-nous vers d'autres fosses pour en trouver de plus sodiques.

## II. — LES EAUX DE LA FOSSE G.

La fosse G se trouve à environ 2.500 m. à l'Ouest de la fosse F. Au cours de son approfondissement, on a pu constater qu'à 550 m. environ, les eaux étaient déjà un peu plus salées que celles de 980 m. au puits F. Elles avaient, en effet, un résidu sec de 9.300 mgrs par litre pour 145,3 millivalences chlore. A 800 m., le résidu sec s'élevait à 16.000 mgrs/litre pour 243 millivalences Cl.

Il y a quelques années, le raval se situait vers 1.150 m. Voici l'analyse de l'eau pompée à ce moment :

Analyse n° 78 . . . . .	pH = 7,5.
Dureté totale et résidu fixe à 100° . . . . .	indéterminables.
Résidu à 180° . . . . .	128.722 mgrs/litre.
Résidu calciné . . . . .	117.830 mgrs/litre.
Chlore . . . . .	74.909 mgrs/litre.
Anhydride sulfurique . . . . .	néant.
Anhydride carbonique combiné . . . . .	37 mgrs/litre.
Chaux en Ca O . . . . .	7.928 mgrs/litre.
Magnésie en Mg O . . . . .	3.678 mgrs/litre.

Nous en déduisons en millivalences :

m CO <sup>3</sup> . . . . .	1,68	m Ca . . . . .	283,14
m SO <sup>4</sup> . . . . .	0,00	m Mg . . . . .	183,90
m Cl . . . . .	2.110,11	m (Na+K). . . . .	1.644,75
$\Sigma a.$ . . . . .	2.111,79	$\Sigma b.$ . . . . .	2.111,79

La dureté calculée est de 2.335 degrés français. *Les millivalences chlore sont quatre fois plus abondantes que dans les eaux océaniques contemporaines.*

Des eaux plus chlorurées que l'eau marine contemporaine ont été maintes fois rencontrées dans le terrain houiller du Hainaut. Aucune n'a, je crois, la concentration élevée des eaux de la fosse G.

J. Cornet signale (67) les résidus secs suivants :

Sainte-Henriette de Produits n° 18, à 1.150 m. . . . .	59.800 mgrs/litre
Levant du Flénu n° 17, à 710 m. . . . .	61.500 mgrs/litre
Marcinelle n° 4, à 983 m. . . . .	78.000 mgrs/litre
Marchienne (Belgique), à 1.150 m. . . . .	106.650 mgrs/litre

L'eau du puits G, par reconstitution des composants, contiendrait 120.658 mgrs de sels anhydres par litre. La millivalence moyenne s'établirait de la sorte à  $120.658 : 2.111,79 = 57,1$ .

En tenant compte des eaux de cristallisation ( $Mg Cl^2$  et  $Ca Cl^2 + 6 aq$ ), l'eau laisserait cristalliser 145.788 mgrs par litre.

### III. — EXAMEN D'EAUX HOUILLÈRES.

Les phénomènes de salure constatés aux puits F et G sont généraux dans toutes les exploitations houillères du Pas-de-Calais, du Nord et du Hainaut. Ils sont constatés en Campine et dans le pays de Liège.

Mais il semble que les très fortes sursalures s'observent dans le Hainaut, au comble sud et à grande profondeur.

Les venues d'eau supérieures du pays de Liège sont, en général, des eaux dures proprement dites. Mais on sait que des eaux plus profondes sont en zone d'échange de bases ou en zone de salure (79). On connaît aussi des eaux sursalées (82) depuis très longtemps.

Aux environs de Mons et dans le Centre, des eaux dures typiques existent au comble nord (analyses 81, 82, 84) comme au comble sud (analyse 80) (3). Au Couchant de Mons, les eaux du Houiller inférieur (grès de Ville, phtanites) sont même agressives. Mais dès qu'on atteint le centre du bassin, les premières venues d'eau houillère sont déjà douces et sodiques (zone de salure) (analyses 76, 91 et 92).

Dans le Nord et le Pas-de-Calais, les premières venues donnent fréquemment des eaux sursalées. Ce sont également des sursalées que l'on rencontre au sommet du Houiller de Campine, au Nord de la ligne Beringen-Waterscheide-Lanaeken (analyses 72 et 73).

*Une des caractéristiques des eaux houillères est que les sulfates y sont d'ordinaire peu abondants.*

Il importe toutefois de ne pas généraliser. Nous avons, en effet, trouvé  $m SO^4 = 7,05$  dans les eaux de 186 m. du puits F, c'est-à-dire à l'étage supérieur. Nous reviendrons tantôt, à ce propos, sur la formation accidentelle de sulfates dans les anciens travaux miniers et arènes. Dans ce cas, l'importance des millivalences  $SO^4$  est imputable à l'oxydation des pyrites.

*Une autre caractéristique des eaux houillères est l'importance des millivalences  $CO^3$  de certaines d'entre elles et comme conséquence directe, leur titre alcalimétrique élevé, non seulement dans la zone des échanges de bases et dans la zone de salure mais encore dans la zone de sursalure.*

L'eau d'Ostende-Thermal titre 57,5 degrés alcalimétriques.

(3) Voir les tableaux d'analyses à la fin de la note.



Mais les eaux douces sodiques de 476 m. au puits F comptent 139 degrés. À la même fosse les eaux sursalées de 980 m. titrent 177 degrés. Nous savons que l'alcalinité <sup>(4)</sup> des eaux dures (analyses 79 à 84) du Houiller est, en général, faible, tout au plus égale à 5,24 m CO<sup>3</sup> correspondant à 27 degrés alcalimétriques, au grand maximum.

*On ne peut donc justifier que 30 degrés alcalimétriques environ en bicarbonate sodique dans les eaux houillères de la zone de salure, si l'on envisage seulement les échanges de bases normaux, compatibles avec la composition des eaux dures proprement dites. Il faut en conclure que les eaux errantes au cours de leur parcours souterrain peuvent se recharger d'acide carbonique libre dans le terrain houiller.*

*L'origine de cet acide carbonique additionnel ou de recharge n'est pas difficile à déterminer.*

L'acide carbonique de recharge est contenu dans les gaz du fond produits par la carbonisation lente des houilles qui a entraîné et entraîne encore la formation de gaz combustibles et de CO<sup>2</sup>.

Dès l'instant où les eaux du Houiller peuvent, au cours de leur trajet souterrain, s'enrichir d'acide carbonique additionnel, il leur est, ou il leur a été, à nouveau possible de dissoudre du carbonate de calcium ou plus exactement d'incorporer à nouveau du bicarbonate de calcium. Mais tant que les eaux traversent des terrains contenant des corps à fonction zéolitique encore positive, les échanges de bases produiront du *bicarbonate de sodium secondaire*. A titre d'exemple, il semble que les eaux analysées sous les numéros 89, 90 et 70 contiennent en majeure partie du bicarbonate de sodium primaire provenant des échanges de bases normaux. Il est probable que les eaux des analyses 91 et 92 titrent près de 40 degrés alcalimétriques secondaires à imputer à l'acide carbonique additionnel ou de recharge.

Il est manifeste par les analyses n<sup>os</sup> 86, 74 et 75 que la *recharge carbonique* existe dans la zone des échanges de bases. Les résultats n<sup>os</sup> 72, 73, 77, 96 et 103 prouvent que l'acide carbonique de recharge peut modifier la composition de l'eau de la zone de sursalure.

*Par la notion de la recharge carbonique en terrain houiller, nous pouvons comprendre maintenant le mécanisme des*

---

(4) Alcalinité au méthyl-orange.

*recharges d'acide carbonique juvénile dans les eaux carbogazeuses et la formation en doses massives de bicarbonate de sodium et de calcium dans certaines de celles-ci* (analyse 171, tableau V).

En effet, la composition des eaux de Vichy Célestins ne peut s'expliquer par des échanges de bases simples. M. Schoeller signale (88) qu'un litre d'eau saturé de  $\text{CO}_2$  ne peut dissoudre une quantité de bicarbonate de calcium supérieure à celle fournie par 21,7 millivalences  $\text{CO}_3$ , correspondant à 108,5 degrés alcalimétriques, soit 1.085 mgrs de bicarbonate évalué en carbonate calcique. Ce titre alcalimétrique est inférieur à celui des eaux douces sodiques et sursalées de la fosse F. Le titre alcalimétrique des eaux de Vichy Célestins s'élève à 368,6 degrés. L'eau dure, engendrant par échange de bases l'eau de Célestins, devrait donc contenir 3.686 mgrs de bicarbonate calcique évalué en carbonate, ce qui est une impossibilité matérielle. Les eaux de Vichy sont donc des bicarbonatées avec bicarbonates secondaires résultant des recharges par l'*acide carbonique additionnel juvénile*.

#### IV. — LES EAUX SALÉES ET SURSALÉES DU MASSIF DU SUD.

Les renseignements que je possède sur les eaux sodiques du Carbonifère, du Dévonien et du Silurien du massif du Sud sont rares. J'ai interprété quelques analyses dans un travail récent (75). Elles se rapportent à la région de Solesmes et Le Cateau. On trouvera dans les tableaux publiés hors texte, quatre analyses d'eaux douces sodiques rencontrées au cours du fonçage du puits n° 6 de Liévin (72). Les eaux proviennent du Dévono-Silurien. Les titres alcalimétriques élevés indiquent la probabilité de la présence de bicarbonate de sodium secondaire.

On trouvera sous les numéros 114 et 115 deux analyses d'eaux captées dans la brèche à la fosse de Roucourt. Ces eaux sursalées sont de compositions très curieuses. Elles sont à peu près aussi sulfatées que carbonatées, ce qui les distingue des eaux du Houiller. Il ne semble pas y avoir trace d'acide carbonique de recharge. Mais n'oublions pas qu'à Roucourt, le Gault pose sur la brèche. Les eaux reçoivent donc vraisemblablement des apports du courant albien du bassin de Paris.

L'étude de la composition chimique des eaux du Calcaire carbonifère ou du Siluro-Dévonien du Sud mériterait un examen beaucoup plus attentif. La fameuse campagne de sondages

au Sud de la faille du Midi n'a, à ce sujet, apporté aucune précision, quoique plusieurs forages aient jailli.

Il est, d'autre part, certain que le massif de recouvrement, lorsqu'il affleure, est complètement dessalé jusqu'à une certaine profondeur. Sous les numéros 107, 108 et 109 figurent des analyses d'eau du Calcaire carbonifère et du Dévonien, montrant la dessalure complète du sommet des massifs au Nord de Maubeuge et au Sud de Charleroi.

Nous connaissons donc des eaux dures, des eaux douces sodiques et des eaux sursalées de terrains plus anciens que le Houiller. Les échanges de bases se produisent dans ces terrains. Leurs eaux peuvent être assez fortement chlorurées. R. Laloy (2, p. 2) commettait donc une erreur grave en écrivant : « aucune eau chlorurée n'a jamais été constatée dans les terrains carbonifères ou dévoniens ». Nous savons maintenant que les eaux salées « ne sont pas spéciales à la formation houillère ». Mais Laloy avait analysé l'eau de Meurchin. Il savait qu'elle provenait du Calcaire carbonifère ou d'une formation plus ancienne et qu'elle contenait par litre : 876 mgrs de chlore; 25 mgrs de potasse; 1.229 mgrs de soude.

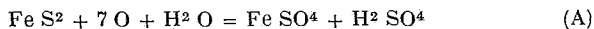
Je compte beaucoup sur cette distraction pour me faire pardonner celles, trop nombreuses, que je n'aurai pas manqué d'avoir en poursuivant la rédaction de ces quatre notes !

#### V. — LES EAUX SALÉES DU TOURTIA ET DU TORRENT.

Le cas des eaux salées, nous dirions aujourd'hui sursalées, du torrent d'Anzin a été très sérieusement examiné, notamment par R. Laloy et par J. Gosselet. Nous y revenons parce que les eaux dont il s'agit présentent accidentellement des compositions absolument étranges à première vue.

Les sables du torrent sont pyriteux et ligniteux. Ils sont en grande partie dénoyés par l'exhaure.

Aux environs des fosses, l'oxydation du sulfure de fer contenu dans les sables ligniteux du torrent se traduit en somme par



Il y a donc formation de sulfate ferreux et d'acide sulfurique.

Laloy a, je crois, été le premier à reconnaître que *les eaux du torrent étaient acides* au voisinage des fosses.

La proportion de sulfate ferreux dissous est parfois déconcertante.

A la fosse Joseph Perrier, Laloy a trouvé :

Chlore . . . . .	5.531 mgrs par litre.
Acide sulfurique . . . . .	5.013 mgrs par litre.
Fer . . . . .	2.036 mgrs par litre.

Je cite textuellement : « Cette eau est assez fortement colorée en vert : par exposition à l'air, la couleur passe au jaune foncé en même temps qu'il se dépose une assez forte quantité de sous-sel de peroxyde de fer. »

» Sa réaction est fortement acide, son goût très astringent, l'ammoniaque y produit un abondant précipité d'oxyde de fer et elle se comporte, avec les réactifs, absolument comme une dissolution de sulfate de fer »; puis plus loin :

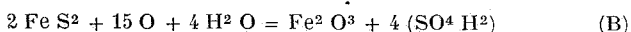
« La proportion de fer que renferme cette eau correspond à l'énorme quantité de 5.526 de sulfate de protoxyde de fer par litre; il n'y a pas le moindre doute à avoir sur l'origine de ce sel; il provient de l'action de l'oxygène sur la marcassite disséminée dans les lignites du torrent; mais en dehors de cette substance, tout à fait accidentelle, cette eau contient aussi par litre 8 gr. 450 de chlorure de sodium et 3 gr. 736 de sulfate de soude qui lui assignent une composition des plus minéralisées. »

Les eaux du torrent d'Anzin, de la fosse Joseph Perrier, ont été analysées en 1881 et 1882 au Bureau d'essais de l'École des Mines. Les résultats des analyses sont repris par E. JACQUOT et WILMM dans leur travail : *Les Eaux minérales de la France*. On y trouve :

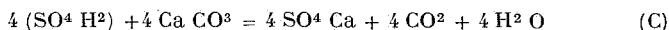
	Niveau de 69 m.	Niveau de 75 m.
	Mgrs par litre.	
Chloruré de sodium . . . . .	6.968,6	7.010,7
Chlorure de potassium . . . . .	100,6	91,5
Sulfate de calcium . . . . .	1.496,0	251,2
Sulfate de magnésium . . . . .	908,0	918,9
Sulfate de protoxyde de fer . . . . .	1.141,0	717,0
Sulfate de sodium . . . . .	1.772,5	2 027,5
Silice . . . . .	70,0	58,0
Matières organiques . . . . .	2,0	1,8
	<hr/>	<hr/>
	13.065,5	12.401,5

Non compris *les sulfates de fer accidentels*, les eaux répondent aux analyses en millivalences n<sup>os</sup> 133 et 134. Le titre alcalimétrique est nul, ce qui signifie que l'acide sulfurique produit

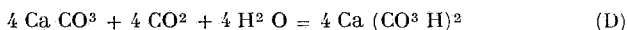
par la réaction A ne trouve pas dans les sédiments wealdiens du torrent, trace de carbonate de calcium à décomposer. L'acide sulfurique reste donc libre. Mais si pareille réaction se produit en terrain houiller, dans des roches où le calcaire ne fait jamais absolument défaut, ou au voisinage des morts-terrains calcaires, elle se continue. Dans l'atmosphère humide des vieux travaux ou dans les anciennes arènes, on peut concevoir les réactions suivantes :



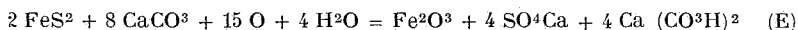
Puis ensuite



Puis encore



L'ensemble de ces réactions aboutit donc, *après* saturation des acides sulfurique et carbonique, à



Cette réaction, lorsqu'elle est appliquée à des eaux d'infiltration normale d'origine météorique contenant au maximum 30 mgrs d'oxygène par litre (85), ne peut produire que 68 mgrs de sulfate de calcium par litre, soit une millivalence  $\text{SO}^4 \text{ Ca}$  correspondant à une millivalence  $\text{SO}^4$ .

*Il est donc nécessaire, pour expliquer l'importance des millivalences  $\text{SO}^4$  dans les eaux du torrent, du Houiller à son contact ou des anciens travaux, d'admettre que les réactions s'effectuent au contact de l'air humide et non sous la nappe aquifère. Elles sont donc complètement accidentelles et dues au travail humain.*

Dans la pratique l'état d'avancement des réactions est intermédiaire entre celui indiqué par les équations A et E. Ceci explique pourquoi les eaux d'arène sont souvent sulfatées calcaïques et ferrugineuses.

En ce qui concerne les eaux du Tourtia, nous renvoyons aux analyses 131 et 132. La recharge carbonique est évidente et, ici encore, la sulfatation est considérable.

*Lorsqu'on rencontrera dans des travaux souterrains des eaux très sulfatées à faible profondeur sous le sommet du Houiller, on devra, en général, craindre un coup d'eau venant des morts-terrains ou de travaux anciens.*

Remarquons aussi que quoique nettement sursalées, les eaux du torrent ont une concentration inférieure à celle des eaux marines *contemporaines*. *L'hypothèse de la salure due à des eaux océaniques résiduelles peut donc être ici retenue*. Les réactions accidentelles dues à l'oxydation des pyrites masquent partiellement les phénomènes d'échange de bases et ceci d'autant plus que les sédiments wealdiens sont aujourd'hui en général dépourvus d'éléments calcareux. Mais la présence, contrôlée, de sulfate de soude dans les eaux analysées par l'École des Mines fait présumer que ces échanges ont néanmoins eu lieu.

#### VI. — LES EAUX THERMALES DE BAUDOUR, DE SAINT-AMAND ET DE MEURCHIN.

Dès 1804, les eaux thermales de Saint-Amand ont été étudiées par les géologues et les chimistes les plus avertis. R. Laloy (68), J. Gosselet, E. Jacquot et Willm (69) se sont spécialement intéressés à la question qui nous occupe. On a admis longtemps que la température relativement élevée des sources naturelles de Saint-Amand était due à la chaleur développée par des réactions chimiques et, en ordre principal, par l'oxydation de la pyrite de fer contenue dans les sédiments des couches aquifères.

Dès 1894, E. Jacquot écrivait (69, p. 488), au sujet de la Fontaine Bouillon de Saint-Amand : « Il reste toujours une difficulté à résoudre, car la faible profondeur à laquelle se trouve l'assise d'où l'eau émerge n'est pas suffisante pour expliquer la température de la Fontaine Bouillon. Il faudrait donc, pour combler la différence, faire appel à la chaleur développée par des réactions chimiques et c'est ce qui a été proposé. *Mais l'hydrologie minérale ne saurait accepter une pareille solution* (5). Les réactions invoquées ne peuvent, en effet, produire qu'une élévation de température insignifiante sur une nappe d'eau un peu considérable. La conclusion à tirer de cette discussion est que *la thermalité des sources de Saint-Amand tient à des accidents non encore reconnus, dissimulés qu'ils sont dans les terrains qui recouvrent ceux dans lesquels elles ont leurs réservoirs* » (6).

L'origine géothermale des sources de Saint-Amand ne parais-

(5) Non souligné dans le texte original.

(6) Idem.

sait donc pas douteuse à Jacquot et il concluait, de la température de l'eau à l'émergence, que les réservoirs étaient situés à une profondeur qui ne pouvait être inférieure à 400 mètres.

Semblable discussion se renouvela en 1906, après que les puits inclinés de Baudour eurent rencontré dans le Houiller inférieur une eau thermo-minérale à haute température (53°). M. V. Brien démontra alors d'une façon absolument péremptoire que l'oxydation des pyrites des roches en contact avec l'eau ne pouvait pas élever la température de celle-ci de plus de 0,064 degré centigrade (85). Il pouvait donc écrire : « Il me semble plus simple d'admettre que les eaux de Baudour ont été amenées de la profondeur par la faille rencontrée au cours du creusement des tunnels et qu'elles doivent leur haute température à l'influence du degré géothermique ». En d'autres termes, *l'origine géothermale des sources de Saint-Amand et de Baudour n'est plus discutée*. Par le fait et aussi pour des raisons de géologie régionale, il est prouvé que la branche aval des circuits hydro-thermaux traverse du calcaire carbonifère après avoir probablement circulé au travers d'assises dévoniennes du bord nord du bassin de Namur. C'est à la rencontre du Calcaire carbonifère qu'ont jailli les venues géothermales de la Fontaine du Clos à Saint-Amand-Ville, de Meurchin, du puits n° 10 de Lens et du forage de Givenchy-lès-La bassée. C'est de l'assise de Chokier que sortent les eaux chaudes de Baudour.

Voyons ce que peuvent apporter à ce débat les arguments tirés de la composition chimique des eaux. Procédons suivant la méthode habituelle; réunissons le plus d'analyses que nous pouvons trouver et faisons-en la transcription en millivalences de façon à les rendre comparables. Ceci nous conduit à publier ci-après le tableau IV contenant quatorze analyses de chimistes réputés. On reconnaît d'ailleurs immédiatement par les transcriptions quels soins ont été apportés aux déterminations et combien celles-ci sont exactes. Les analyses de Laloy qui dosaient l'acide carbonique total et non l'acide carbonique combiné, laisseraient quelque incertitude en ce qui concerne le titre alcalimétrique. Les analyses des autres chimistes viennent combler ces lacunes.

Comparons d'abord l'analyse des eaux de Baudour avec celle

de la source de l'Évêque d'Arras, à Saint-Amand, faite septante-cinq années auparavant par Kuhlmann. Nous trouvons:

	N° 150 Baudour.	N° 153 Evêque d'Arras.
m CO <sup>3</sup> . . . . .	3,13	3,30
m SO <sup>4</sup> . . . . .	17,00	16,89
m Cl . . . . .	2,14	1,93
	<hr/>	<hr/>
Σ a. . . . .	22,27	22,12
m Ca . . . . .	15,78	13,27
m Mg . . . . .	4,26	6,15
m (Na+K) . . . . .	2,23	2,70
	<hr/>	<hr/>
Σ b. . . . .	22,27	22,12
	Th = 100,20°	Th = 97,10°
	Ta = 15,65°	Ta = 16,50°

Les millivalences acides sont pratiquement identiques. La dominante acide est SO<sup>4</sup>. La dureté est élevée et le titre alcalimétrique faible. *Ces eaux se ressemblent énormément. Elles diffèrent essentiellement des eaux du Houiller.* Ce sont des *séléniteuses* (45, tableau p. 522) captées en massif dessalé. En y regardant de plus près, on constate que l'eau de Baudour est captée dans la zone des eaux dures proprement dite, puisque m Cl et m (Na+K) sont pratiquement égaux. Mais à la source de l'Évêque d'Arras, on a m (Na+K) > m Cl. La différence est de 0,77 millivalence. Les échanges de bases commencent déjà à se produire. Ce caractère est d'ailleurs propre à toutes les sources de Saint-Amand-Thermal et aux eaux du puits du Clos à Saint-Amand-Ville. Les échanges sont les plus apparents à la Fontaine Bouillon [m Cl=2,31; m (Na+K)=3,60] (voir analyse 157, tableau IV).

Les eaux de Saint-Amand et de Baudour se rapprochent du type crénologique de Vittel et particulièrement des eaux de la Grande Source (n° 170, tableau V).

Laloy, Gosselet et Jacquot ignoraient le mécanisme des échanges de bases. Ils ont néanmoins, avec leur sens aigu des réalités, apparenté par leur communauté d'origine géologique les eaux de Saint-Amand à celles de Meurchin.

Mais il est facile de constater, en consultant le tableau IV et les analyses 150 à 161, que *toutes les eaux thermales du*



*comble nord sont caractérisées par un faible titre alcalimétrique et un nombre élevé de millivalences SO<sup>4</sup>. Il est facile aussi de démontrer que les eaux de Meurchin, du puits 10 de Lens et de la source artificielle de Givenchy-lès-La bassée sont des eaux sursalées dérivant d'eaux semblables à celles de Baudour et de Saint-Amand.*

Je ne possède malheureusement pas d'analyse d'eau douce sodique ou de la zone de salure du niveau hydrologique qui nous occupe. Mais Laloy donne des renseignements, incomplets malheureusement, sur la composition d'une eau captée à un kilomètre de Meurchin, sans qu'il soit possible d'être renseigné dans quelle direction. Nous trouvons, en effet, dans le travail tant de fois cité :

Note C : « J'ai examiné la composition chimique de deux filets d'eau provenant des psammites houillers (?) et coulant à 220 m. de profondeur à un kilomètre environ de cette source sulfureuse. Cette eau est alcaline, ne renferme que des traces de chaux, sa densité est de 1,0031. Elle renferme par litre :

Chlore . . . . .	0,806
Acide sulfurique . . . . .	1,138 ».

La densité de l'eau était identique à celle de l'eau de Meurchin. Les millivalences chlore étaient au nombre de 22,70 et les millivalences SO<sup>4</sup> au nombre de 28,45. Elles différaient fort peu des mêmes nombres calculés pour les eaux de Meurchin. *Mais les eaux ne renfermaient que des traces de chaux.* Elles devaient donc être douces et sodiques et captées en zone de salure. C'étaient des *eaux douces sulfatées sodiques*. Il est malheureusement impossible de situer l'emplacement de la prise d'eau et l'horizon houiller dont elle sourd. L'analyse 158 du tableau IV résume les constatations de Laloy. Nous allons tirer de précieuses conclusions de ce qui précède :

1° Les eaux géothermales captées dans le Primaire du comble nord ont un titre alcalimétrique très faible. On n'y trouve pas trace d'acide carbonique de recharge.

2° On connaît des eaux géothermales dures (Baudour), en échange de bases (Saint-Amand) et sursalées (Meurchin, Lens, Givenchy-lès-La bassée). On présume que Laloy a connu des eaux douces sulfatées sodiques (analyse 158). Les phénomènes de salure et d'échanges de bases sont donc ici encore normaux.

3° La dominante acide, même dans les eaux sursalées connues, est SO<sup>4</sup>.

4° Je ne possède qu'une seule analyse d'eau provenant du Calcaire carbonifère du comble sud (n° 162). Les caractères de cette eau sont sensiblement les mêmes que ceux des eaux thermales du comble nord.

5° *Comme la dominante acide des eaux du Houiller exploité n'est jamais  $SO^4$ , sauf présence de sulfates accidentels, chaque fois que l'on rencontrera au fond d'une mine une eau sulfatée, on pourra s'attendre à un coup d'eau venant du Calcaire carbonifère ou de roches plus anciennes.*

6° Les sulfates des eaux thermales proviennent de la dissolution de sulfate de chaux contenu dans des roches, puisque l'équation E ne peut justifier qu'une millivalence  $SO^4$ .

#### VII. — LA FAILLE DE SAINT-AMAND.

La Fontaine du Clos a jailli d'un forage après que celui-ci eut rencontré le *Calcaire carbonifère*. Il est possible que les sources Vauban, du Pavillon Ruiné et de la Chapelle, des établissements thermaux de Saint-Amand aient subi des travaux d'aménagement. *Mais la Fontaine Bouillon était connue des Romains. C'est incontestablement une source thermale naturelle.* Le circuit hydro-thermal vient aboutir au sol vers la cote française 18 et l'eau s'y déverse à la température de 27 degrés.

La coupe du sous-sol est donnée par celle du sondage n° 1 de la drève de Raismes, tout voisin de l'établissement thermal (n° 429 Valenciennes) (83).

On peut l'établir ainsi :

0 à 1 m. Pleistocène ?

1 à 16 m. Landénien.

16 à 23 m. Craie sénonienne.

23 à 32 m. Craie de Maisières et Rabots.

32 à 51 m. Fortes toises et dièves à *Terebratulina rigida*.

51 à 62 m. Dièves à *Inoceramus labiatus*.

D'après Gosselet, le Cénomaniens faisait défaut et le terrain houiller aurait été touché à 62 m. Au forage du Clos, le Calcaire carbonifère a été rencontré à 120 m.

La température des eaux de la Fontaine Bouillon indique que ses eaux proviennent d'au moins 500 m., si nous admettons l'hypothèse géothermale. Il est donc admis que les eaux proviennent du Primaire et probablement du Calcaire carbonifère ou d'une formation plus ancienne, puisqu'elles se refroidissent en remontant la branche aval du circuit hydro-thermal.

On peut admettre, sans trop grosses difficultés, que l'eau thermale peut trouver passage facile dans les roches dévoniennes du bord nord du bassin de Namur, à travers le Calcaire carbonifère fissuré et même à travers le biseau du Houiller inférieur. *Mais il est impossible de concevoir que les eaux du circuit hydro-thermal puissent, pour atteindre le Tertiaire d'abord, puis le sol ensuite, traverser les dièves et les fortes toises, couches hydrologiquement imperméables.*

« Les accidents non encore reconnus » dont parle Jacquot pourraient donc consister en une ou plusieurs failles qui ont affecté au moins les dièves et les formations plus anciennes.

En raison de la plasticité et de l'imperméabilité des dièves, il faut supposer que la faille met en contact le Houiller et les craies sénoniennes ou tout au moins le Houiller et les rabots. *Son rejet est donc d'au moins 30 mètres.*

La faille de Saint-Amand pourrait être de même nature que les *failles épicrotacées* d'Hersin, de Ruit, de Marquette et de Pernes. La direction de la faille ou de la région failleuse qui passe à Saint-Amand-Thermal est assez bien marquée par les anomalies géothermales constatées à Baudour, Sirault, Vicoigne, Saint-Amand, Marchiennes, Meurchin, Lens n° 10 et Givenchy-lès-La bassée.

Les recherches géologiques n'ont pas, je pense, démontré jusqu'à présent l'existence de la faille de Saint-Amand.

Les arguments hydrologiques paraissent autrement sérieux. Il est juste d'ajouter que les surfaces de glissement peuvent être cylindriques et fermées, auquel cas *les sources thermales seraient en relation directe avec des puits naturels.* Cette hypothèse mériterait un examen détaillé.

Au puits naturel en formation à Ville-Pommerœul (87), la couche imperméable continue, constituée à l'origine par les dièves à *Terebratulina rigida*, à *Inoceramus labiatus* et par les dièves cénomaniennes, est descendue dans l'entonnoir que M. Marlière et moi-même avons observé. Sur les parois de celui-ci, on pouvait voir, en 1938, le tourtia de Mons poser sur un calcaire grenu d'âge cénomaniens. Le puits naturel absorbe toutes les eaux qui y parviennent. Par cet exemple, on peut saisir comment les eaux circulant au-dessus des dièves peuvent, en certains endroits, pénétrer dans les couches aquifères cénomaniennes.

*A Ville-Pommerœul, nous avons affaire à un puits naturel absorbant, alors qu'à Saint-Amand le puits naturel serait jaillissant.*

Qu'il y ait une seule faille dont la direction a été indiquée plus haut ou *des failles cylindriques fermées* constituant un chapelet de puits naturels, orientés suivant la même direction, cela importe peu, si l'on examine le problème au point de vue hydrologique pur.

Ce qui est certain, c'est qu'immédiatement au Sud du tracé de la faille ou du chapelet de puits naturels, on rencontre dans les concessions charbonnières *des eaux douces bicarbonatées sodiques absolument différentes des eaux amandinoises*.

#### VIII. — IMPORTANCE HYDROLOGIQUE DE LA FAILLE DE SAINT-AMAND.

Par le jeu complexe des ascendances, c'est le courant provenant des couches les plus anciennes qui, à Saint-Amand, est en charge sur les autres. L'équilibre hydrostatique du puits artésien du Clos s'établit vers la cote 22, le niveau des prairies en cet endroit se situant vers la cote 17 (68).

La Fontaine Bouillon n'est que le trop-plein de la source thermale dont une partie du débit se déverse dans les courants artésiens du Houiller, du Crétacé et du Tertiaire. La preuve en est que les eaux captées au collège des Anges à Saint-Amand, dans la craie sénonienne, sont séléniteuses et ont une composition assez voisine de celle des eaux thermales (68). Cette composition résulte du mélange d'eaux normales bicarbonatées calciques de la craie et d'eaux sulfatées thermales. On trouve au collège des Anges  $m\ CO^3 = 6,00$ ;  $m\ SO^4 = 6,38$ ;  $m\ Cl = 1,49$  et un résidu sec de 860 mgrs par litre, alors que les eaux normales de la craie ont à peine 350 mgrs par litre de résidu sec presque entièrement composé de carbonate calcique. Tout le long du tracé présumé de la faille, les mêmes anomalies se rencontrent dans la composition chimique des eaux : à Hensies et à Orchies dans la nappe landénienne; à Hensies, à Somain et à Carvin dans les courants aquifères des craies sénoniennes et des rabots.

On peut donc concevoir que le manteau imperméable des dièves soit percé en plusieurs endroits et que, suivant les cotes d'équilibre hydrostatique, ce soient les eaux supérieures aux dièves qui s'engouffrent dans les courants artésiens des meules, du Wealdien, du Houiller et du Calcaire. C'est ce qui doit se passer aux environs du puits naturel de Ville-Pommerœul (87).

Mais à Saint-Amand, avons-nous dit, c'est au contraire l'eau profonde qui s'infiltré dans le Houiller, jaillit dans les niveaux supérieurs aux dièves et jusqu'au jour. *Depuis que les sources*

*de Saint-Amand jaillissent, les eaux infiltrées dans le bassin de la Haine, d'où qu'elles proviennent, ont donc trouvé en ce lieu un exutoire naturel et ont pu se déverser dans les craies.*

La circulation des eaux vers cette émergence a entraîné la dessalure progressive de l'épaisse masse des formations west-phaliennes. Cette dessalure se poursuit de nos jours et s'intensifie par le fait de l'exhaure des charbonnages. En même temps, inéluctablement, *les échanges de bases se réalisent positivement ou négativement suivant que les courants conservent leur orientation primitive ou s'inversent par suite des exhaures.*

Nous comprenons donc mieux maintenant « qu'entre le massif dessalé du Brabant, dont le Mélantois n'est que l'extrémité occidentale, et celui de Haute-Belgique, dont le Haut-Pays borain n'est somme toute que l'amorce, il existe une étroite zone où circulent des eaux salines. Pour que la salure ait subsisté, il faut admettre que la vitesse des eaux du courant salé a toujours dû être et est encore infime » (28).

#### IX. — LES EAUX HOUILLÈRES PLUS CHLORURÉES QUE LES EAUX OCÉANIQUES CONTEMPORAINES.

Le tableau I fournit les analyses de treize eaux sursalées. Six parmi celles-ci se rapportent à des eaux dont le résidu sec est très supérieur à celui des eaux océaniques contemporaines.

Nous remarquons tout de suite des différences importantes entre les eaux houillères répondant aux analyses 99, 100, 78 et 102 et les eaux océaniques contemporaines. *Non seulement les résidus secs diffèrent considérablement, mais encore constate-t-on l'absence de sulfates ou leur existence à l'état de traces infimes dans les eaux houillères examinées.* Pour rendre les constatations plus aisées, j'ai d'abord, sous les n<sup>os</sup> 173 à 175, traduit en millivalences trois analyses d'eaux marines (tableau V ou de repérage crénologique). En outre, au tableau VI figurent non plus les millivalences, mais le pourcentage de celles-ci,  $\Sigma a + \Sigma b$  représentant 100 pour 100. Par le fait en pourcentage

$$\Sigma a = \Sigma b = 50.$$

Nous voyons dans ce tableau des chiffres bien curieux. En effet, les eaux très sursalées de la fosse G, du Levant et de Marchienne sont à peine carbonatées et pratiquement exemptes de sulfates. Le pourcentage des millivalences chlore varie entre 49,86 et 50 sur les 50 % des pourcentages acides. *Les eaux sont donc uniquement chlorurées, en définitive.* Il n'y a pas trace

d'acide carbonique de recharge. Ces eaux possèdent donc un type crénologique parfaitement défini. *La concentration et l'absence des sulfates les apparentent directement à certaines eaux des gisements pétrolifères.* Le même tableau VI nous montre (192, 193 et 194) que le pourcentage des millivalences chlore est d'environ 45 pour les eaux marines. Celles-ci ont un pourcentage d'environ 5 pour les millivalences sulfatées. Il en résulte que dans ce cas *l'hypothèse de la salure résiduelle par des eaux océaniques connées, vétériques ou fossiles est inadmissible.* Le rapport  $\frac{m \text{ SO}^4}{m \text{ Cl}}$  des eaux contemporaines est toujours compris entre 0,10 et 0,11, quel que soit l'océan d'où elles proviennent. *On serait beaucoup plus enclin à admettre que la salure est due au sel,* d'autant plus que l'analyse en pourcentage n° 190 nous montre que le sel de marais salant déposé aux salines de l'étang de Berre possède 49,48 % de millivalences chlore pour 50 % de millivalences acides. Mais dans ce cas, comment peut-on interpréter l'analyse des eaux de Sainte-Henriette des Produits (n° 103)? Les millivalences  $\text{SO}^4$  y sont au nombre de 246,81...!

On peut d'abord supposer que le chimiste s'est trompé ou que les transcriptions dans diverses publications sont inexactes. Abandonnons cette hypothèse pour les raisons suivantes :

1° J'ai insisté dès la première page de ce travail sur la conscience professionnelle des anciens chimistes en général et de G. Hanarte en particulier. J'ai connaissance de nombreuses analyses du même auteur. Elles sont remarquables.

2° Jules Cornet signale à la page 60 de son mémoire sur les eaux salées du terrain houiller : « M. G. Hanarte nous fait savoir que l'eau du n° 18 des Produits, à laquelle il est fait allusion plus haut, a été faite deux fois à un mois d'intervalle et a donné des résultats identiques ».

Nous avons donc tout lieu d'être rassuré sur la valeur du document et pouvons signaler que l'eau du 18 des Produits, dont le résidu sec est compris entre celui des eaux du bouveau nord de Marchienne et du 17 du Levant ne ressemble en pourcentage de millivalences, ni à ces eaux, ni à des eaux océaniques contemporaines. Alors ?

Reprenons maintenant le tableau VI et nous constatons que les pourcentages des millivalences acides de l'eau du 18 placent celle-ci entre les eaux-mères à 25° Baumé et les eaux-mères à 32° Baumé de salines de Camargue. *L'eau du 18 pourrait donc être une eau concentrée en lagune torride ou en mer intérieure*

*au fond de laquelle le sel se serait déposé et aurait par la suite fourni l'élément principal des autres eaux très sursalées.*

Vers quel destin les eaux-mères magnésiennes et *probablement potassiques* dont l'eau du 18 est le dernier témoin connu ont-elles été entraînées ? Où et quand s'est déposé le sel ? Dans quelle formation géologique ? Ce sont, à mon avis, autant de questions qui restent sans réponse.

On pourrait, en ce qui concerne la Campine, rechercher l'origine du sel dans le trias germanique, voire dans le Permien, et faire intervenir les cassures avec et sans rejet. Pareille hypothèse paraît *présentement* sans valeur pour les régions de Charleroi et de Mons, qui sont précisément celles où les eaux à concentration supérieure à celle des eaux marines contemporaines ont été fréquemment rencontrées.

Nous ne connaissons, d'autre part, dans la région aucune eau à forte sursalure dans le Houiller inférieur, le Calcaire carbonifère et le Dévonien du bord nord du bassin de Namur, même quand ces eaux sont fortement thermales (tableau IV). La forte minéralisation n'est donc pas due à des eaux quittant ces formations pour baigner le Houiller.

En examinant les analyses du tableau VI, je n'ai parlé que des millivalences acides. Les millivalences basiques sont, en effet, modifiées par le pouvoir permutant négatif des corps à fonctions zéolitiques contenu dans les roches houillères. Il n'est évidemment plus possible dans ce cas d'assimiler ceux-ci à la glauconie.

Au début du siècle, les fonctions zéolitiques étaient fort mal connues; les premiers essais d'emploi industriel des adoucisseurs à échangeurs de bases datent, pensons-nous, de 1907. Comment, dès lors, J. Cornet a-t-il écrit prophétiquement en 1903 qu'il considérait la *pholélite comme dérivant de l'altération d'un composé zéolitique d'origine hydrothermale* (6, p. 68) ? Pareille hypothèse est tout à fait défendable depuis que nous connaissons les remarquables travaux de M. Schoeller (76) et les exemples de pouvoir permutant négatif particulièrement bien observés dans certains courants aquifères tunisiens.

#### X. — LE TRACÉ DES MASSIFS DESSALES PRIMAIRES.

La planche XVI du présent travail (2<sup>e</sup> note) représente le contour des massifs primaires de dessalure entourant le bassin de Paris. La limite de salure, ou de dessalure si l'on préfère, est ici la première isograde de 6 degrés français, que les eaux

phréatiques soient dures ou agressives. Je n'ai fait aucun commentaire relatif à ce tracé (45, p. 503). Il me serait facile aujourd'hui, après avoir exposé mes idées concernant l'acide carbonique de recharge et l'origine de la salure des eaux houillères du bassin franco-belge, de justifier mes contours, bien entendu approximatifs. En effet, si nous examinons une eau minérale (n° 171) comme celle de Vichy, soumise à la recharge d'acide carbonique juvénile, nous pouvons y voir une eau douce sodique rechargée avec bicarbonate sodique et calcique secondaire. Si nous ramenons dans l'esprit les millivalences  $\text{CO}^3$  de 73,72 à 6,72 correspondant à 33,6 degrés alcalimétriques des eaux infiltrées normales, nous trouvons :  $m \text{CO}^3 = 6,72$ ,  $m \text{SO}^4 = 3,85$ ,  $m \text{Cl} = 9,04$ ,  $m (\text{Na} + \text{K}) = 19,61$ , composition d'une eau douce sodique normale d'un résidu voisin de 1.150 mgrs. Par ce distinguo, on peu se servir des analyses d'eaux minérales, même de celles auxquelles on attribuait souvent avec beaucoup de générosité le nom de juvénile.

En ce qui concerne les régions à tectonique complexe, il convient néanmoins d'admettre de nouvelles données conventionnelles régissant les tracés. La carte géologique du couchant de Mons indique le Dévonien du massif du Midi sur toute l'étendue qu'il occupe à la surface du socle paléozoïque, pour autant qu'il ne soit pas recouvert par des morts-terrains.

Mais nous savons néanmoins que le terrain houiller existe sous le Dévonien.

Pareille restriction mentale s'impose si l'on désire établir un tracé des massifs dessalés primaires au comble sud du bassin franco-belge. Il convient de se servir, pour ce tracé, d'analyses qui se rapportent aux eaux captées *au sommet du Primaire*, faute de quoi il faudrait recourir à des croquis à trois dimensions. Au puits F, les premières eaux captées sont en échange de bases; on se trouve donc en massif dessalé, quoique des eaux sursalées existent en profondeur. En somme, sur une carte en plan des limites de salure, le puits F figurerait en massif dessalé, mais on pourrait écrire  $F = A' + A'' + A'''$  à côté de son emplacement, ce qui signifierait [d'après le tableau VI de la deuxième note (45, p. 522)], que l'eau du niveau supérieur connu est en échange de bases et qu'il existe en profondeur des eaux bicarbonatées sodiques et des eaux sursalées dont la présence est contrôlée.

En Campine, à Winterslag par exemple, on sait que les eaux du sommet du Houiller sont des eaux douces sodiques, mais que



les eaux plus profondes sont sursalées. Le puits de Winterslag est donc creusé dans la zone de salure, mais on note  $W = A'' + A'''$ , ce qui signifie que les eaux sont douces bicarbonatées sodiques immédiatement sous les morts-terrains, que l'on ne connaît, par conséquent, ni les eaux dures, ni les eaux d'échange de bases houillères, mais qu'en profondeur, la présence des eaux sursalées est constatée. Les sources de Saint-Amand seront désignées par  $B'$ , car ce sont des séléniteuses en échange de bases; mais on écrira Saint-Amand =  $B'$ , parce qu'on est certain qu'à la profondeur maximum atteinte par les circuits hydro-thermaux, on n'a jamais rencontré d'eaux douces sodiques.

Pour Baudour, on écrira avec certitude Baudour =  $B$ , car on n'y a rencontré que des eaux séléniteuses, donc de la zone des eaux dures proprement dites, sans trace d'échange de bases, malgré la profondeur très considérable d'où proviennent les eaux du circuit hydro-thermal.

C'est en me basant sur ces considérations que j'ai pu exposer à Liège une carte de la composition chimique des eaux artésiennes de la Belgique (74). C'est en somme la première esquisse de carte hydrologique d'un pays.

### CONCLUSIONS.

Les phénomènes de salure et de sursalure se manifestent dans les formations plissées tout comme dans les formations tabulaires. On y rencontre les mêmes zones d'eaux dures, d'échange de bases, de salure et de sursalure.

Dans le terrain houiller, les réactions chimiques se compliquent en raison de la présence d'acide carbonique de recharge provenant vraisemblablement de la lente transformation des houilles en composés de plus en plus riches en carbone.

Ailleurs, l'acide carbonique de recharge est juvénile, mais les lois de salure conservent toutes leur rigueur.

En raison de l'absence de sulfates dans les eaux houillères les plus concentrées et de l'importance pondérale de leurs résidus secs, il convient de rechercher l'origine de leurs chlorures dans le sel et non dans les eaux résiduelles océaniques. Ceci nous écarte un peu de la conception de « connate water » des hydrologues américains (90, pp. 28 et 553). L'eau connée (89) serait, par définition, enfermée (entrapped) dans les interstices et les ouvertures des roches sédimentaires pendant

leur dépôt au fond de l'océan. Ce serait donc une eau océanique, sulfatée et très différente de nos eaux uniquement chlorurées du Houiller.

L'absence de sulfates dans les eaux dites connées des gisements pétrolifères les apparente à nos eaux houillères les plus salées. La concentration des eaux sursalées de la plupart des courants circulant en formations tabulaires et leur teneur en sulfates s'expliquent en général fort bien par la salure résiduelle océanique. Il y a pourtant des exceptions (91) et, dans certains cas, la sursalure d'eaux de formations tabulaires doit être attribuée à des gisements salifères voisins.

Les inconnues du problème qui nous a si longuement occupé restent nombreuses, mais nous croyons pouvoir dire en terminant la dernière de ces quatre notes :

« Les phénomènes de salure des eaux ne sont pas, comme on l'a cru longtemps, connexes à l'existence de gisements pétrolifères ou houillers; ils sont généraux et peuvent se produire dans toutes les formations » (74).

Saint-Ghislain, février 1940.

TABLEAU I. —

Numéro.	Emplacement.	Profondeur.	Résidu sec.	m CO <sup>3</sup>	m SO <sup>4</sup>	m Cl	m Co <sup>l</sup>	m Mg
Zone des eaux dures								
		mètres.						
79	Baron Sirault, Jurbise	29,20	235	2,90	0,58	0,39	<b>3,66</b>	
80	Pâturages, Puits com. 3	88,00	305	4,12	0,56	0,42	3,59	1,10
81	Rœulx n° 2. Soc. Nation.	80,00	319	4,64	0,49	0,28	4,38	0,96
82	Rœulx n° 1. Soc. Nation.	50,00	332	4,96	0,50	0,32	4,78	1,00
83	La Croyère V. G.	242,50	327	5,24	0,10	0,44	4,38	1,16
84	Bois-d'Haine. Troupette	125,00	367	5,15	0,60	0,45	4,22	1,00
Zone des								
86	Centre H	400	496	8,44	0,17	0,26	1,96	2,50
74	Fosse F. Borinage	186	1.215	10,80	7,05	3,13	7,19	4,63
75	Id.	206	1.113	16,81	0,94	2,31	2,31	1,78
87	Ardinoise à Gilly	?	?	<b>18,79</b>	5,44	1,10	0,83	1,24
Zone des eaux								
89	Centre H	180	492	7,72	0,31	0,56	0,20	0,10
90	Farciennes. Masse	<sup>660/1244</sup> 526	526	7,46	0,06	1,36	0,10	0,19
91	Padlaïau E	657	<b>927</b>	12,80	1,84	0,80	tr	tr
92	Padlaïau. Fosse T	exhaure	<b>941</b>	12,92	1,97	0,80	0,30	0,10
76	Fosse F. Borinage	476	1.700	27,80	0,03	2,30	0,00	0,28
93	Centre H. Travers Banc	<sup>625/700</sup> 476	2.396	20,28	0,00	21,21	0,24	0,24
70	Winterslag	494	2.520	8,00	0,60	35,04	1,07	0,00
Zone de								
95	Nord du Rieu-du-Cœur	715	<sup>(1) ?</sup> <b>5.180</b>	19,31	1,40	60,51	1,89	?
72	Beerigen	634,50	5.136	15,01	<b>4,73</b>	65,36	1,19	4,98
73	Op. Grimby		7.392	<b>14,09</b>	5,11	104,00	7,70	4,28
77	Fosse F	980	8.885	35,32	3,98	114,79	1,18	5,13
96	Lens n° 8. Beurτια		14.926	8,10	1,05	247,52	14,61	11,58
97	Lens n° 1 Beurτια		14.769	3,80	0,00	249,56	15,50	7,17
98	Ferfay	498	16.471	2,04	0,00	282,21	22,41	13,76
99	Marchienne. Bouveau Nord	1.130	<b>52.124</b>	2,60	tr	907,41	112,14	67,60
100	Levant n° 17	710	61.500	1,60	0,79	1.057,04	67,60	79,38
101	Marchienne. Bouveau Sud	870	<b>88.837</b>	2,00	tr	1.555,87	259,80	137,10
78	Fosse G	± 1.150	<b>120.658</b>	1,68	0,00	2.110,11	283,14	183,90
102	Id.	± 1,220	<b>120.100</b>	0,00	0,00	2.082,85	293,57	78,50
103	Produits n° 18	1.150	59.800	18,70	246,81	766,84	72,98	308,67

Les chiffres gras sont obtenus par soustraction ou par calcul.



Eaux du Houiller.

<i>m</i> Na	<i>m</i> K	$\Sigma a = \Sigma b$	Th	Ta	E	Analystes.	Date.	Référence.	Température.
proprement dite.									
0,21		3,87	18,30°	14,5°	60,7	Léopold Meunier	1938	<i>p</i>	
0,41		5,10	23,45	20,60	59,8	Id.	1940	F.R	
0,07		5,41	27,20	23,20	58,9	Id.	1939	F.R	
0,00		5,78	29,50	24,80	57,5	Id.	1939	F.R	
0,24		5,78	27,70	26,20	56,6	C. Camerman	1939	F.R	
0,98		6,20	26,10	25,75	59,2	Id.	1939	F.R	
échanges de bases.									
4,39		8,87	22,40°	42,20°	57,0	Léopold Meunier	1939	F.R	
9,16		20,98	59,10	54,00	57,9	Id.	1939	F.R	
16,00		20,09	20,45	84,20	55,4	Id.	1939	F.R	
22,94	0,22	25,33	10,35	93,95	?	De Koninck	1877	(78)	
sulfures sodiques.									
8,29		8,59	1,50°	38,60°	57,3	Léopold Meunier	1939	F.R	
8,59		8,88	1,45	37,30	59,2	?	1938	77	
15,44		15,44	0,00	64,00	60,00	?	1934	<i>p</i>	
15,29		15,69	2,00	64,60	60,00	?	1939	<i>p</i>	
29,85		30,13	1,40	139,00	56,4	Léopold Meunier	1939	F.R	
41,01		41,49	2,40	101,40	57,7	Id.	1939	F.R	
42,57		43,64	5,35	40,00	57,7	Inst. Meurice	1915	(55)	25°
sursalure.									
79,82?		81,82?	70?	96,55°	64,7?	Inst. Hygiène Hainaut	1914	(86)	34°
78,93		85,10	30,85°	75,05	60,0	Inst. Meurice	1919	(54)	25°,5
111,22		123,20	59,90	70,45	60,0	Schoofs	1903	(58)	22°
147,78		154,09	31,55	176,60	57,7	Léopold Meunier	1939	F.R	
26,33	4,32	256,84	130,95	40,50	58,1	Willm	1899	(51)	
30,90	0,14	253,71	113,35	19,00	58,2	Id.	1899	(51)	
248,08		284,25	180,85	10,20	58,1	Ecole des Mines	1882	(69)	
730,27		910-01	898,70	13,00	57,3	Inst. Meurice	1906	(86)	28°
9 2,45		1 059,43	734,90	8	58,1	Inst. Meurice	1902	(6)	30°
1 160,97		1 557,87	1 984,50	0,00	57,0	Deghilage	1907	(86)	
1 644,75		2 111,79	2 335,20	8,40	57,1	Inst. Meurice	1935	<i>p</i>	
1 710,18		2 082,25	1 860,35	0,00	57,2	?	1936	<i>p</i>	
650,90		1 032,45	1 907,75	93,50	57,2	Hanarte	1892	(80)	48°

(1) Sous déduction des matières organiques.

TABLEAU II. — **Eaux**

Numéro.	Emplacement.	Profondeur.	Résidu sec.	<i>m</i> CO <sup>3</sup>	<i>m</i> SO <sup>4</sup>	<i>m</i> Cl	<i>m</i> Ca	<i>m</i> Mg
		mètres						
107	Héron-Fontaine (Maubeuge)	27,00	382	4,80	0,55	0,45	4,75	0,55
108	Ham-sur-Heure	60,00	334	4,00	0,66	0,40	4,43	0,51
109	Fontaine de Landelies	0,00	362	4,68	0,63	0,52	4,95	0,95
								<b>Eaux douces</b>
110	Fosse n° 6. Liévin	199	1.224	14,94	3,53	2,22	0,57	0,43
111	Id.	257	1.200	13,21	3,04	2,60	0,12	0,05
112	Id.	300	1.180	14,15	3,20	2,54	0,10	
113	Id.	324	1.186	14,55	1,58	3,71	0,08	
								<b>Eaux</b>
114	Fosse de Roucourt	165	4.048	5,40	5,66	56,36	4,03	0,73
115	Id.	235	3.177	6,50	5,14	41,12	4,38	1,01

TABLEAU III. — **Tourtia, Torrent**

Numéro.	Emplacement.	Profondeur.	Résidu sec.	<i>m</i> CO <sup>3</sup>	<i>m</i> SO <sup>4</sup>	<i>m</i> Cl	<i>m</i> Ca	<i>m</i> Mg
		mètres						
131	Saint-Louis-d'Aniches	?	3.454	22,34	14,76	19,62	3,62	2,74
132	Fénélon-d'Aniches	?	2.968	16,09	20,25	11,12	2,10	3,44
								<b>Torrent.</b>
133	J. Perrier. Anzin	75	10.360	0	47,42	121,07	3,69	15,32
134	Id.	69	11.318	0	62,09	120,47	22,00	15,13
								<b>Non compris les sulfates ferreux</b>
								<b>Houiller immédiatement</b>
135	Enclos à Denain	170	11.206	5,79	36,05	141,86	10,35	6,65
136	Tinchon à Saint-Waast	?	16.778	25,78	—	250,85	—	—

Les chiffres gras sont obtenus par soustraction ou par calcul.



du massif du Sud.

<i>m</i> Na	<i>m</i> K	$\Sigma b = \Sigma a$	Th	Ta	E	Analystes.	Date.	Référence.	Température.
-------------	------------	-----------------------	----	----	---	------------	-------	------------	--------------

ures.

0,50		5,80	26,50°	24,03°	65,9	?	1932	<i>p</i>	
0,12		5,06	24,70	20,00	66,0	Léopold Meunier	1939	<i>p</i>	
0,00		5,90	29,50	23,40	61,3	Id.	1939	<i>p</i>	

sodiques.

19,69		20,69	5,00	74,70	60,6	Morin	1903	72	
18,68		18,85	0,85	66,05	62,6	Id.	1903	72	
19,79		19,89	0,50	70,75	59,9	Id.	1903	72	
19,76		19,84	0,40	70,23	59,8	Id.	1903	72	

sursalées.

62,33	0,33	67,42	23,80	27,00	60,0	École des Mines	1882	69	
47,07	0,30	52,76	26,95	32,50	60,2	Id.	1882	69	

et Houiller sous le Tourtia.

<i>m</i> Na	<i>m</i> K	$\Sigma a = \Sigma b$	Th	Ta	E	Analystes.	Date.	Référence.	Température.
-------------	------------	-----------------------	----	----	---	------------	-------	------------	--------------

49,94	0,49	56,79	31,80°	111,70°	60,7	École des Mines	1880	69	
41,62	0,30	47,46	27,70	62,50	62,5	Id.	1880	69	
148,25	1,23	168,49	95,05	0	61,9	École des Mines	1882	69	
144,08	1,35	182,56	185,65	0	61,3	Id.	1882	69	

ou ferriques accidentels.

ous le Torrent.

163,83	2,87	183,70	95	—	61,00	R. Laloy	1873	2	14,5°
—	—	276,63	—	—	60,00	Pesier	1840	2	

TABLEAU IV.

Numéro.	Emplacement.	Profondeur.	Résidu sec.	m CO <sup>3</sup>	m SO <sup>4</sup>	m Cl	m Ca	m Mg
Zone des eaux dures								
150	Puits inclinés. Baudour	mètres. 371	<b>1.404</b>	3,13	17,00	2,14	15,78	4,26
Zone des échanges								
151	Saint-Amand. Clos	120	1.312	<b>6,40</b>	13,30	1,63	12,96	6,10
152	St-Amand. Source Vauban	0	<b>1.329</b>	4,77	15,01	1,93	13,16	6,02
153	St-Amand. Evêque-d'Arras	0	1.408	3,30	16,89	1,93	13,27	6,15
154	Id. Id.	0	1.415	<b>5,61</b>	15,30	1,94	13,36	6,60
155	St-Amand. Fontaine-Bouillon	0	1.500					
156	Id. Id.	0	1.450	<b>6,80</b>	15,30	1,86	13,43	7,10
157	Id. Id.	0	1.534	3,20	18,61	2,31	14,11	6,41
Zone des eaux								
158	A 1 km. de Meurchin ?	220			28,45	22,70		traces
Zone de sursalure								
159	Meurchin	240	3.526	<b>3,93</b>	26,63	24,68	11,98	3,10
160	Lens n° 10	?	3.866	3,80	33,15	24,37	16,56	8,21
161	Givenchy-lès-La Bassée	?	3.935	0	37,32	24,87	13,75	11,81
Zone de sursalure								
162	Crespin-Bowette	670	3.230	6,25	21,83	22,51	5,92	5,54
Zone de sursalure								
163	Bailleul	300	3.250	6,10	25,00	19,57	1,05	0,91

TABLEAU V. — Analyses de

Numéro.	Emplacement.	Profondeur.	Résidu sec.	m CO <sup>3</sup>	m SO <sup>4</sup>	m Cl + m Br	m Ca	m Mg
mètres.								
170	Vittel-Grande-Source	0	1.194	6,47	12,87	0,11	14,60	4,44
171	Vichy-Célestins	0	4.773	73,72	3,85	9,04	10,03	1,59
172	Puits à Muire (Salins)	18,00	26.000	0	26,85	410,85	20,80	18,32
173	Eau marine (Irlande)	0	33.859	0,96	54,02	495,27	20,55	101,93
174	Eau marine (?)	0	35.700	1,60	56,10	534,70	21,20	113,80
175	Méditerranée	0	38.447	2,34	60,64	589,43	22,67	110,14
176	Eau mère 3° Baumé	0	40.905	0	106,79	592,47	20,46	155,80
177	Eau mère 25° Baumé	0	375.720	0	846,06	5.646,13	24,42	1.483,34
178	Eau mère 32° Baumé	0	619.600	0	3.788,33	6.761,31	0	6.946,24
179	Solution sel. Etangs de Berre	0		0	16,67	1.588,28	6,47	37,56

Les chiffres gras sont obtenus par soustraction ou par calcul.



**Eaux thermales.**

<i>m</i> Na	<i>m</i> K	$\Sigma a = \Sigma b$	Th	Ta	- E	Analystes.	Date.	Référence.	Température
proprement dite.									
<b>2,23</b>		22,27	100,20°	15,65°	<b>63,0</b>	Inst. Meurice	1905	67	53°
de bases.									
2,06	0,21	21,33	95,30	—	61,5	R. Laloy	1872	68	18,5°
2,33	0,20	21,71	95,90	23,85	<b>61,2</b>	Willm			26°
	2,70	22,12	97,10	16,50	63,6	Kuhlmann	1830	69	
2,61	0,28	22,85	99,80		61,9	R. Laloy	1872	68	23,5°
						Drapier	1804	68	
2,39	0,26	23,68	105,15	—	61,2	R. Laloy	1872	68	27°
	3,60	24,12	103,10	16,00	63,6	Kuhlmann	1830	69	
douces sodiques.									
						R. Laloy	1872	68	
(Comble-Nord).									
39,64	0,53	55,25	75,30	—	63,8	R. Laloy	1872	68	42°
35,65	0,90	61,32	123,85	19,00	63,1	Willm	1900	73	
	33,63	62,19	127,80	0,00	63,3	Académie Médecine	1890	69	19°
(Comble-Sud).									
39,13		50,59	57,30	31,25	63,8	Léopold Meunier	1939	<i>p</i>	
(Flandre).									
48,08	0,60	50,67	9,8	30,50	62,2	Willm	1900	5	

**repérage crénologique.**

<i>m</i> Na	<i>m</i> K	$\Sigma a = \Sigma b$	Th	Ta	E	Analystes.	Date.	Référence.	Température.
0,27	0,14	19,45	95,20°	32,35	61,1	Willm	1879	69	11°
71,69	3,30	86,61	58,10	368,60	55,1	Id.	1881	69	14°
388,82	1,53	439,50	195,75	0,00	59,15	D <sup>r</sup> Réveil	1865	69	11°
417,76	10,01	550,25	612,40	4,80	61,5	Thorp et Morton	?	81	
457,40		592,40	675,00	8,00	60,2	Thresh ?	?	9	
507,79	11,81	652,41	664,05	11,70	58,9	Usiglio	1849	23	
515,89	7,11	699,26	881,30	0	58,5	Id.	1849	23	
4.913,33	71,12	6.492,21	12.538	0	57,9	Id.	1849	23	
3.279,91	323,49	10.549,64	34.731	0	58,7	Id.	1849	23	
1.559,28	1,64	1.604,95	220,15	0		Lunge et Naville	?	23	



TABLEAU VI. — Pourcentage des millivalences d'eaux très sursalées.

Número.	Emplacement.	Profon- deur.	$m\text{CO}_3$	$m\text{SO}_4$	$m\text{Cl} +$ $m\text{Br}$	$m\text{Ca}$	$m\text{Mg}$	$m(\text{Na} +$ $\text{K})$	$\Sigma a = \Sigma b$	Analyse utilisée.
185	Fosse G	mètres 1.220	0,00	0,00	50,00	7,05	1,89	41,06	50,00	Tableau I, n° 102
186	Id. ±	1 450	0,04	0,00	49,96	6,70	4,35	38,95	50,00	Tableau I, n° 78
187	Marchienne. Bouveau Sud	870	0,07	tr	49,93	8,34	4,40	37,26	50,00	Tableau I, n° 101
188	Levant n° 17	740	0,08	0,04	49,88	3,19	3,75	43,06	50,00	Tableau I, n° 100
189	Marchienne. Bouveau Nord	1.430	0,14	tr	49,86	6,46	3,71	40,13	50,00	Tableau I, n° 99
190	Sel de Berre	0	0,00	0,52	49,48	0,20	1,47	48,63	50,00	Tableau V, n° 179
191	Puits à Muire (Salins)	18	0,00	3,26	46,74	2,37	2,09	45,54	50,00	Tableau V, n° 172
192	Eau de Méditerranée	0	0,18	4,65	45,17	1,74	8,44	39,82	50,00	Tableau V, n° 175
193	Eau de mer, d'après Thresh	0	0,14	4,74	45,42	1,79	9,60	38,61	50,00	Tableau V, n° 174
194	Eau de la mer d'Irlande	0	0,08	4,90	45,02	1,86	9,26	38,88	50,00	Tableau V, n° 173
195	Eau mère 25° Baumé	0	0,00	6,51	43,49	0,18	11,43	38,39	50,00	Tableau V, n° 177
196	Produits n° 18	1.450	0,91	11,95	37,14	3,54	14,94	31,52	50,00	Tableau I, n° 103
197	Eau mère 32° Baumé	0	0,00	17,95	32,05	0,00	32,92	17,08	50,00	Tableau V, n° 178

**INDEX BIBLIOGRAPHIQUE.**

- (1) à (26) Voir index bibliographique de la première note.
- (27) à (39) Voir index bibliographique de la deuxième note.
- (40) à (66) Voir index bibliographique de la troisième note.
- (67) JULES CORNET, *Leçons de Géologie*, Maurice Lamertin, 58-60, rue Coudenberg, Bruxelles, 1927.
- (68) R. LALOY, Recherches géologiques et chimiques sur les eaux sulfureuses du Nord (*Mém. de la Soc. des Sciences, de l'Agriculture et des Arts de Lille*, séance du 17 mai 1873).
- (69) E. JACQUOT et WILLM, *Les Eaux minérales de la France*, Baudry et Co, éditeurs, 15, rue des Saints-Pères, Paris, 1894.
- (70) J. DELECOURT, Les Eaux artésiennes salines du Bassin de Paris, de la Basse- et de la Moyenne-Belgique (troisième note) (*Bull. de la Soc. belge de Géol., de Paléont. et d'Hydrol.*, t. XLVIII, séance du 20 décembre 1938).
- (71) J. GOSSELET, Leçon sur les nappes aquifères du Nord de la France (*Ann. de la Soc. géol. du Nord*).
- (72) MORIN, Analyses de l'eau du puits n° 6 au fonçage de la Mine de Liévin (*Ann. de la Soc. géol. du Nord*, t. XXXII, 1903, p. 255).
- (73) H. LAFFITE, Notes sur les caractères géologiques présentés par le terrain houiller au voisinage du Calcaire carbonifère à la fosse n° 10 des Mines de Lens (*Ann. de la Soc. géol. du Nord*, t. XXIX, 1900, p. 58).
- (74) J. DELECOURT, *Composition chimique des Eaux artésiennes belges. Essai de Carte hydrologique du Royaume* (Exposition Internationale de la Technique de l'Eau, Liège 1939, classe 3, sections 1 et 2, palais 2, emplacement 34<sup>bis</sup>).
- (75) J. DELECOURT, La limite occidentale du Massif dessalé de la Haute-Belgique (*Congrès de l'Assoc. franç. pour l'Avancement des Sciences*, Liège, 1939, en cours de publication).
- (76) H. SCHOELLER, Les échanges de bases dans les eaux souterraines vadoses. Trois exemples en Tunisie (*Bull. de la Soc. géol. de France*, 5<sup>e</sup> sér., t. IV, 1934).
- (77) X. STAINIER, Charbonnage de Masses-Saint-François. Coupe du sondage intérieur du Puits Sainte-Pauline (*Bull. de la Soc. belge de Géol.*, t. XLVIII [1938], fasc. 3, p. 615).
- (78) L.-L. DE KONINCK, Sels alcalins dans les eaux de charbonnages (*Ann. de la Soc. géol. de Belg.*, t. VI, 1878-1879).
- (79) E. GEVERS-ORBAN, Eaux salées de charbonnages (*Ann. de la Soc. géol. de Belg.*, t. XXX, 1903, *Mémoires*).
- (80) J. LIBERT, Sur la température des roches et la nature des eaux des mines de houille profondes (*Ann. de la Soc. géol. de Belg.*, t. XX, 1892-1893).
- (81) J. CORNET, *Géologie*, t. III, p. 40, Camille Leich, éditeur, 18, rue Rogier, Mons, 1921.

- (82) R. MALHERBE, De la présence de chlorures alcalins dans les eaux et les roches du bassin houiller de Liège (*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, t. XXVII, 1869).
- (83) J. GOSSELET, *Les assises crétaciques et tertiaires dans les fosses et les sondages du Nord de la France*, fascicule 4 : Région de Valenciennes, Imprimerie Nationale, Paris, 1913.
- (84) J. KERSTEN, Vertues d'eau au Charbonnage de Marchienne (*Bull. de la Soc. belge de Géol.*, t. XXI, 1907, pp. v, 246-248).
- (85) V. BRIEN, Les causes de la haute température des eaux rencontrées dans les tunnels inclinés du Charbonnage de Baudour (*Ann. de la Soc. géol. de Belg.*, t. XXXIV, *Bull.*, pp. 89-92).
- (86) F. RACHENEUR, Résultat d'une analyse d'eau du Charbonnage du Rieu-du-Cœur (*Ann. de la Soc. belge de Géol.*, t. XLI, 3<sup>e</sup> livraison, 1919, pp. B 292-293).
- (87) J. DELECOURT et RENÉ MARLIÈRE, Un « puits naturel » s'ouvre au sol à Ville-Pommerœul (Hainaut) (*Bull. de la Soc. belge de Géol., de Paléont. et d'Hydrol.*, t. XLVIII, séance du 18 octobre 1938).
- (88) H. SCHOELLER, Sur la concentration des sels dissous dans les eaux souterraines (extrait des *C. R. du Congrès d'Erfoud du Comité d'Études des Eaux souterraines*, 1935, Rabat).
- (89) A. RENIER, A propos du caractère fossile des eaux sursalées du Terrain Houiller Franco-Belge (*Congrès de l'Assoc. franç. pour l'Avancement des Sciences*, Liège, 1939, en cours de publication).
- (90) C. F. TOLMAN, *Ground Water*, 1937, seconde impression, Mc Graw, Hill Book Company, New York and London.
- (91) F. HALET, Sur la composition et les ressources hydrologiques du Crétacé dans le sous-sol des environs de la ville d'Anvers (*Bull. de la Soc. belge de Géol., de Paléont. et d'Hydrol.*, t. XLIX [1939], fasc. 1 et 2, 16 février 1940, pp. 51-55).
-

**Quelques observations sur les morts-terrains du Tournaisis,**

par J. BAUDET (\*).

(Pl. III, fig. 1.)

A l'Ouest de Tournai, sur la route qui conduit à Lille, se trouve la petite et très ancienne commune d'Orcq, dont l'origine semble remonter à l'époque néolithique, comme le démontrent les vestiges que nous avons trouvés en grand nombre sur son territoire.

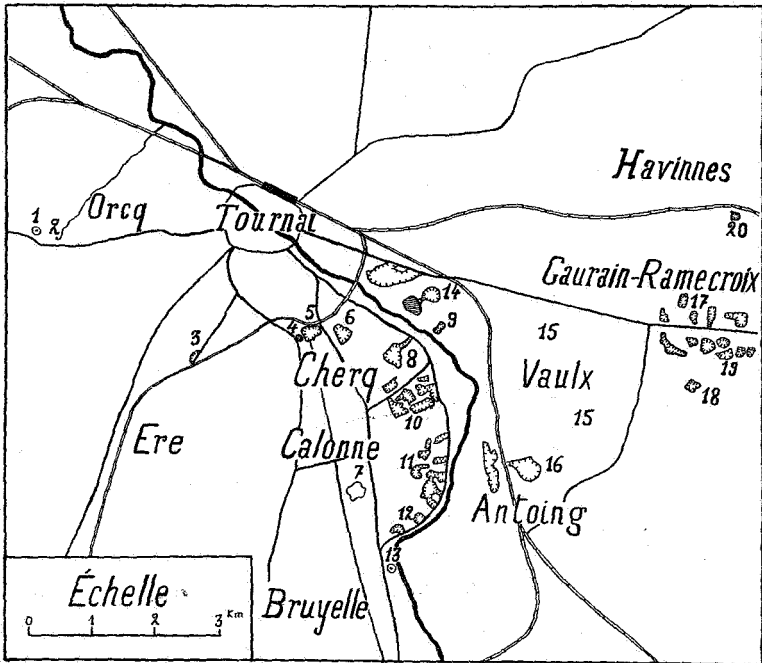


FIG. 1.

Le long de la chaussée, dans une propriété privée sise sur le versant d'une petite éminence, entre le village que nous venons de citer et la localité voisine portant l'appellation de Marquain (fig. 1, 1), a été creusé, dans le courant du mois de

(\*) Note présentée à la séance du 20 juin 1939.

juillet 1938, un puits domestique qui a atteint une profondeur de 14 m. et traversé de haut en bas les couches suivantes :

	Mètres.
1. Ergeron . . . . .	—
2. Faible cailloutis avec galets de silex cacholonisés et cariés du Diestien.	4,50
3. Sable graveleux . . . . .	2,50
4. Epais cailloutis de silex roulés et brisés . . . . .	1,00
5. Craie blanche avec parties jaunies, assez grossière, légèrement marneuse. Vers la base quelques rognons de silex bigarré et noir . . . . .	6,00

Lorsqu'on examine les échantillons fournis par la couche 5, il serait possible de se croire en présence des dièves, quoique la roche ait un aspect crayeux anormal. L'hypothèse d'un facies local des rabots ne nous paraît pas, non plus, fort plausible.

Les observations suivantes, que nous avons cru intéressant de signaler, montrent qu'il pourrait, en effet, en être tout autrement.

Plusieurs échantillons de Térébratules qui doivent être classées parmi les *Terebratula Carnea* y furent recueillis. Ils étaient accompagnés de débris d'*Inoceramus* difficiles à déterminer, d'un gros spongiaire phosphatisé, de petits foraminifères où prédominait le genre *Cristellaria* et de quelques spicules monoaxes.

Les Térébratulés ont également été examinées et déterminées par M. M. Glibert, conservateur au Musée royal d'Histoire naturelle, à qui nous nous permettons d'exprimer ici notre gratitude.

Des analyses ont donné une teneur de 86 à 92 % de carbonate de chaux pour les échantillons de craie provenant d'Orcq, alors que des échantillons de Dièves, prélevés à la carrière des établissements Delwart et à la carrière du Cornet (Chercq), ne nous ont jamais donné plus de 77, 32 % de CO<sup>2</sup>Ca.

Il s'agit donc bien d'une craie; elle est légèrement marneuse et l'on y remarque quelques rares grains de glauconie.

Notons également, pour comparaison, que les protozoaires, si nombreux à Orcq, sont très faiblement représentés dans les marnes de Chercq.

D'autre part, nous ne remarquons pas ici la présence de silex semblables à ceux qui se rencontrent vers la base de l'assise d'Orcq.

Ne pourrait-on pas, si l'on s'en rapporte à la texture de la roche et à la faune rencontrée, quoique n'ayant recueilli aucun fragment de rostre de *Belemnitidae*, se croire à Orcq en présence du Sénonien inférieur, d'un niveau comparable à la partie la plus basse de la craie de Saint-Vaast?

Les rognons de silex qui proviennent du puits et qui paraissent identiques à ceux que l'on trouve dans les carrières de cette localité viennent, nous semble-t-il, témoigner en faveur de cette hypothèse.

Il serait, dès lors, particulièrement intéressant qu'un sondage ou forage plus important soit exécuté dans les environs, afin que l'on puisse étudier avec le maximum de précision les couches sous-jacentes permettant de raccorder l'assise rencontrée aux Dièves de Chercq.

A la surface de l'étendue cultivée voisine de cet endroit, qui se trouve légèrement en contre-bas, nous avons recueilli plusieurs oursins silicifiés, spécimens irréguliers du type *Micraster*, provenant fort probablement d'un niveau voisin, voire peut-être supérieur à celui que nous venons de décrire.

Notons, au point de vue hydrologique, la présence, dans une dépression voisine, d'une source à débit très important qui donne naissance à un cours d'eau déjà appréciable (fig. 1, 2).

Il y a lieu, nous semble-t-il, d'apparenter cette venue d'eau et les couches crétacées existant à cet endroit.

Les pentes qui entourent ce point forment un vaste hémicycle.

Nous avons récolté aux alentours de cette fontaine des silex taillés et polis, ce qui démontre que les Néolithiques avaient su apprécier avant les habitants actuels de l'agglomération voisine l'avantage de cette venue d'eau particulièrement limpide, dont le débit ne semble jamais diminuer, même par les temps les plus secs.

Nous continuerons en traversant le Tournaisis d'Ouest en Est, en passant par le Sud de la ville, et nous examinerons, au fur et à mesure, le manteau de « Morts-terrains » qui recouvre le calcaire carbonifère.

L'excavation la plus proche pouvant nous intéresser est une petite exploitation de marne qui se trouve le long du chemin qui conduit de Tournai (rue de Rongy) à la commune d'Ere (fig. 1, 3).

On y observe, sous une épaisseur d'environ 1<sup>m</sup>50 d'ergeron, ayant à sa base un faible cailloutis de galets cacholonisés du Diestien, 3 m. environ de marne calcarifère grisâtre à *T. rigida*.

Plus loin (fig. 1, 4), la nouvelle carrière des Établissements Delwart, à Pont-à-Rieu, fournit la coupe suivante :

Le Dinantien, dont les bancs sont inclinés vers le Sud, est représenté ici par deux niveaux différents, la veine de Vaulx (base) à Polypiers cornus et lits de cherts, reposant sur la veine dite de première, ainsi dénommée parce que son calcaire très crinoïdique, d'une teneur élevée en CO<sup>3</sup>Ca (90 à 95 %), fournit une chaux de première qualité.

C'est à sa base que se trouve un niveau fameux, appelé par les ouvriers « Banc à moules », d'où proviennent la majeure partie des beaux fossiles tournaisis qui se rencontrent dans les Musées du monde entier.

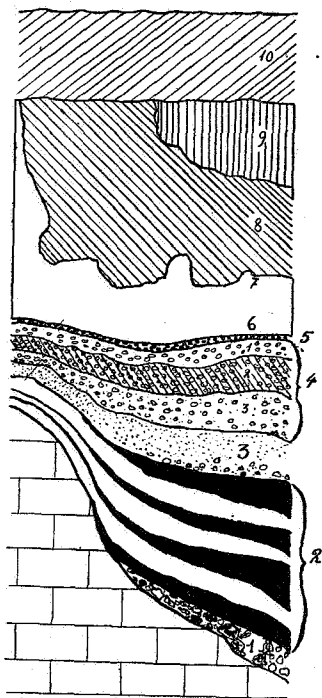


FIG. 2.

Le Primaire est surmonté par les terrains suivants (fig. 2) :

1° *A la base dans les poches de dissolution :*

1. Cailloutis de base du Wealdien avec blocs de calcaire roulés, cherts, fragments de branches et de troncs d'arbres lignifiés. Rares concrétions de FeS<sup>2</sup>.
2. Argile wealdienne avec lits de cherts, de sable blanc, de végétaux et amas limoniteux importants.
3. Sable grossier jaunâtre limoniteux, formé en presque totalité de grains de quartz hyalin; à sa base galets de calcaire crinoïdique décalcifié, cherts, quartzite et quartz (sommet du Wealdien).

2° *Au-dessus du calcaire et des fissures comblées par les dépôts Wealdiens :*

4. Tourtia de Tournai (Cénomaniens) à *Terebratula depressa-nerviensis*, *Schloenbachia varians*, etc.

Cet étage peut se diviser en trois parties distinctes :

- a) Une partie inférieure sableuse, glauconifère, avec moules internes de Gastéropodes et nombreux Brachiopodes (principalement *Terebratula depressa-nerviensis*);
- b) Partie moyenne limoniteuse à faune très variée (principalement Gastéropodes, Lamellibranches et petits Brachiopodes à test bien conservé);
- c) Partie supérieure marneuse où l'on rencontre l'*Actinocamax plenus* et des Brachiopodes (*Terebratula capillata*).

5. Zone de contact des Dièves au Tourtia avec moules internes de lamellibranches (*Velinocardia*) et des Échinodermes (*Conulus Subsphaeroidalis*).
6. Niveau inférieur des Dièves avec Spondyles, dents de Squales et Coprolithes.
7. Dièves.

Le Pléistocène n'est pas représenté ici, étant donné, comme nous avons pu nous en rendre compte immédiatement, qu'il existait autrefois à l'emplacement de l'exploitation actuelle une carrière romaine qui était creusée à travers les Dièves et le Tourtia pour atteindre le Dinantien.

Cette cavité, qui pouvait avoir environ une cinquantaine de mètres de large, était remplie de limon de pente mélangé de



charbon de bois, de tuiles plates et courbes, de morceaux de poteries et d'ossements.

Notons une chose particulièrement intéressante, quoiqu'elle s'éloigne un peu du sujet géologique de cette communication : Des fouilles que nous avons exécutées, il y a quelques années, sur l'emplacement d'une villa gallo-romaine située non loin de là, sur le territoire de Bruyelle, nous ont permis de prélever dans les murs de cette construction plusieurs échantillons de calcaire.

Nous les avons comparés avec des spécimens recueillis au sommet de la carrière (emplacement de l'exploitation romaine) et nous nous sommes rendu compte que nous avons affaire à une roche semblable contenant de nombreux cherts et des Polypiers cornus (base de la veine de Vaulx). Nous avons constaté, après analyse, une teneur presque identique en carbonate de chaux, soit 76 et 78 %.

Il semblerait donc que nos carriers belgo-romains auraient extrait le calcaire à la carrière de Pont-à-Rieu pour, probablement, s'en servir tel quel, ou en retirer la chaux dont ils avaient besoin, et l'ont transporté par la proche chaussée, dont la coupe est bien visible sur la paroi Sud-Est de la carrière voisine (laquelle en a interrompu le parcours), au lieu où fut établie l'habitation de Bruyelle (voir, pour plus de détails, notre communication du mois de novembre 1938, à la Société royale d'Anthropologie et de Préhistoire).

Revenons à notre coupe :

8. Est un limon de pente décalcarisé, emprunté fort probablement à l'ergeron, mélangé de charbon de bois, d'os et de débris de poteries.
9. Dépôt semblable exempt de charbon de bois.
10. Remblai.

Légèrement plus à l'Ouest (fig. 1, 5), à la grande carrière des Établissements Delwart, on peut observer une coupe où le Pléistocène est bien représenté.

Nous nous trouvons ici, côté Est, à la cote 29, niveau de basse terrasse. La plaine alluviale de l'Escaut se trouve, à l'endroit le plus proche, à la cote 18,5.

Voici une description de deux coupes prises dans cette excavation, l'une sur la paroi Est, l'autre sur la paroi Sud, à un endroit où la surface des terrains postpaléozoïques se trouve à la cote 30.

Commençons par cette dernière (fig. 3) :

1. Terre à briques.
2. Ergeron supérieur, bien stratifié, calcarifère.
3. Ergeron moyen brun clair très friable.
4. Faible cailloutis avec galets de silex cacholonisés du Dies-tien.
5. Ergeron inférieur, argileux bien stratifié.
6. Dièves.
7. Tourtia.
8. Wealdien.
9. Calcaire de la veine de Vaulx.

Aucune trace de terrains tertiaires ou de dépôts de terrasse, ce qui semble dénoter qu'un creusement ou ravinement intensif

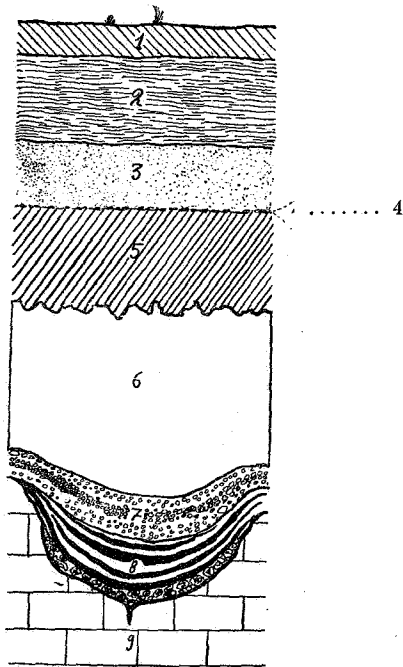


FIG. 3.

eut lieu à cet endroit, qu'il a balayé les terrains éocènes et mis à jour la surface des Dièves, avant le dépôt de l'ergeron.

Cette période de creusement semble correspondre à la phase négative post-tyrrhénienne située entre la moyenne et la basse

terrasse. En effet, nous nous trouvons ici à une altitude nettement supérieure aux dépôts de basse terrasse visibles sur la paroi Est de la carrière.

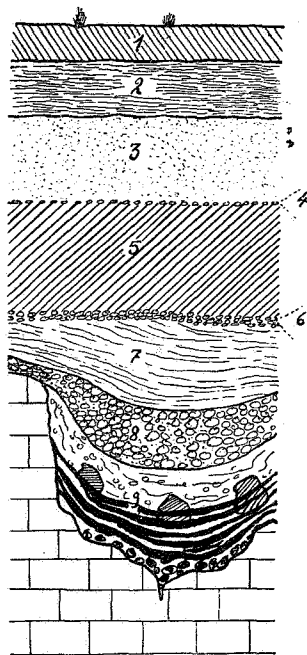


FIG. 4.

La coupe de la paroi Est nous fournit les éléments suivants (fig. 4) :

1. Terre à briques.
2. Ergeron supérieur bien stratifié, calcarifère.
3. Ergeron moyen brun clair, friable.
4. Faible cailloutis (j'ai recueilli à ce niveau des silex moustériens).
5. Ergeron inférieur argileux.
6. Cailloutis de silex avec industrie primitive pouvant s'apparenter au Mesvinien de M. E. Delvaux.
7. Sable fluvial graveleux.
8. Épais cailloutis de silex. Base du Pléistocène.
9. Crétacé remanié (Dièves-Tourtia-Wealdien) avec amas de limonite.

Viennent ensuite :

Le Wealdien en place (argiles avec lits de sable et de cherts).  
Son cailloutis de base à débris de bois de conifères.

Puis nous retrouvons le calcaire à cherts et polypiers cornus de la base de la veine de Vaulx.

Certaines poches de dissolution particulièrement profondes entament les assises de Vaulx et de Première, et les dépôts crétacés descendent parfois jusqu'au niveau de la partie inférieure de cette dernière.

Nous constatons dans cette coupe : 1° La présence d'un nouvel élément : les sables fluviaux n° 7; 2°. Des témoignages de la présence humaine dans les cailloutis 4 et 6.

Passons ensuite à une série d'observations concernant l'allure des dépôts wealdiens.

Ils occupent, en général, de grandes poches de dissolution créées au sommet des nombreuses diaclases qui affectent le Primaire. Ces cavités ont l'apparence de couloirs dont la carrière avait sectionné le parcours.

En effet, on peut voir sur les parois opposées de l'exploitation la continuation de ceux-ci et remarquer que le plafond en est toujours à une altitude moindre vers le Nord. Peut-on supposer qu'ils auraient servi de lits à des torrents ou rivières wealdiens?

Bornons-nous présentement à constater qu'ils ont une direction moyenne de Nord 20° Ouest et que les dépôts qui les remplissent contiennent d'énormes blocs de calcaire qui ont été arrachés au gisement dinantien et paraissent avoir été roulés.

Les parois de ces couloirs semblent également avoir subi une érosion violente, ce qui favoriserait l'hypothèse, précédemment formulée, du passage d'une eau torrentielle.

Passons maintenant à la coupe classique de la carrière du Cornet (fig. 1, 6).

La surface de la terre arable s'y trouve plus élevée (cote 40). Nous nous trouvons à proximité du mont de la Justice (cote 63), éminence près de laquelle se sont arrêtés les participants de la session extraordinaire de septembre 1938 (fig. 1, 7).

Dans cette carrière, sous une épaisseur peu visible actuellement de 2 à 3 m. d'ergeron, nous trouvons pour la première fois le Landénien marin (sable argileux légèrement glauconifère) et ensuite le sommet gris clair très peu glauconifère du tuffeau de Cherq (comme fossiles : empreintes tubulaires

d'Annélides et quelquefois, tout à fait à la base, moules internes de Lamellibranches).

Viennent ensuite : Dièves, Tourtia, Wealdien et le fondement primaire (base de la veine de Vaulx et veine de Première).

Cette carrière est particulièrement intéressante, parce que l'on y observe l'apparition avec transgression sur le Crétacique des terrains éocènes, lesquels en allant vers l'Est seront de mieux en mieux représentés, alors que les précédents vont pour ainsi dire disparaître et ne seront plus visibles qu'à l'état de minces lambeaux dans certaines poches de dissolution du calcaire.

Nous atteindrons ensuite la carrière Brocquet (Établissements Thorn) (fig. 1, 8).

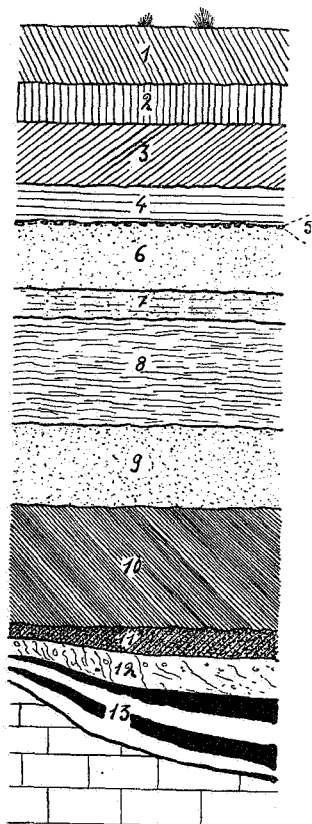


FIG. 5.

L'altitude de la terre cultivée est ici à la cote 40. Sa coupe très intéressante nous montre (fig. 5) :

*Pléistocène :*

1. Terre à briques.
2. Ergeron supérieur.
3. Ergeron moyen.
4. Ergeron inférieur.
5. Cailloutis de base avec galets de silex cacholonisés et cariés du Diestien.

*Landénien marin :*

6. Sable argileux grisâtre.
7. Sable grisâtre très légèrement glauconifère à parties cohérentes.
8. Sorte de grès tendre, gris clair, assez cohérent, très faiblement glauconifère, à ciment de silice hydratée, se divisant en écailles (comme fossiles : empreintes tubulaires).
9. Sable cohérent jaunâtre, glauconifère, avec traînées limoniteuses, passant insensiblement au terme suivant.
10. Grès très glauconifère à ciment de silice hydratée, forte proportion de grains de quartz hyalin, assez poreux, avec concrétions d'hydroxyde de fer. Tuffeau de Chercq proprement dit. Très fossilifère : *Pholadomya konincki*, *Terebratula kickxi*, *Pleurotomaria landinensis*, *Cyprina Morrisi*, *Argyromya*, dents de Squales, radioles d'Oursins, *Ostrea*, etc.
11. Sable argileux, très glauconifère, vert noirâtre (dents de Squales). Le conglomérat qui se rencontre souvent à la base de cette couche, en contact direct avec le calcaire, est presque toujours fort riche en dents de poissons.

*Dans les poches de dissolution du calcaire dinantien :*

12. Dièves et Tourtia remaniés.
13. Argiles wealdiennes avec amas limoniteux vers la base.

Quelques accidents tectoniques ont affecté le Landénien.

Sur la paroi S.-E. de la carrière, on peut remarquer une faille avec rejet d'environ 1 m., accident qui a dû se produire à une époque relativement récente, car en examinant la coupe, nous verrons que la pointe formée par le rejet de la couche n° 8

pénètre jusque dans l'ergeron moyen et que le limon inférieur s'est déposé au même niveau de chaque côté (fig. 6).

D'autre part, dans la région qui avoisine la cassure, on remarque une légère coulée de limon qui se trouve mélangée aux éléments bouleversés.

Le sous-sol primaire n'étant pas visible à cet endroit, il n'est pas possible de rechercher la cause de ce phénomène.

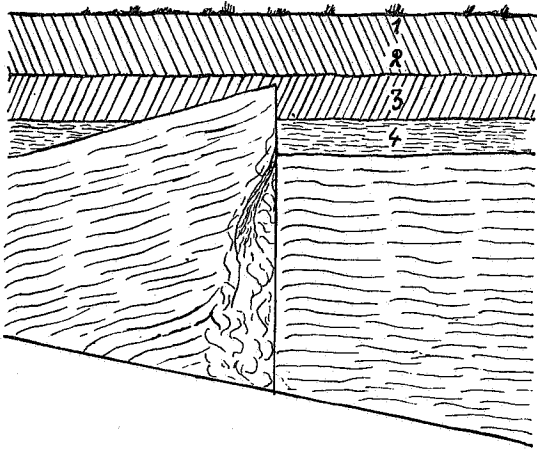


FIG. 6.

Un autre point intéressant s'offre à notre regard à environ 10 m. sur notre droite. La partie supérieure n° 8 du tuffeau forme, à cet endroit, un petit synclinal d'environ 4 m. de profondeur juste au-dessus d'une poche de dissolution du Dinantien, laquelle est remplie de Wealdien, de Dièves et de Tourtia remaniés, sur lesquels reposent une couche de sable n° 9, puis l'étage 8 et enfin 7 (fig. 7).

La cuvette formée par 7 et 8 est remplie d'un sable grisâtre. Au-dessus, nous trouvons les ergerons.

On peut supposer, qu'au moment de la formation de la couche 10, ou peut-être antérieurement, un affaissement a dû se produire, lequel a entraîné 7, 8 et 9, laissant un vide où s'est amassé le sable 10, vestige d'un terrain dont l'âge, vu l'absence totale des fossiles, paraît assez difficile à établir. C'est fort probablement un dépôt landénien que nous pourrions peut-être classer, en tenant compte de l'absence de glauconie, parmi les sédiments continentaux du Landénien supérieur.

Le Dinantien est ici représenté, en dessous du Tuffeau, par la partie inférieure de la veine du Bois. La faune de cette assise, un des étages supérieurs du gisement calcaire du Tournaisis, est riche en céphalopodes.

Le calcaire subcompact de ce niveau repose sur la veine dite « de Vault ».

La différence très marquée entre le gisement primaire visible

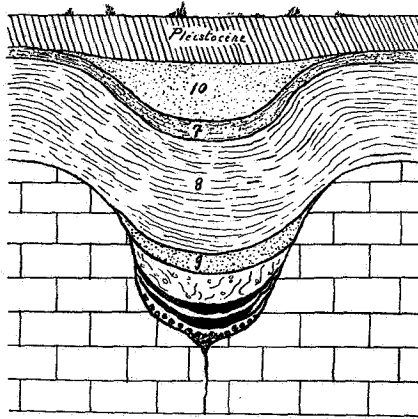


FIG. 7.

dans cette excavation et ceux visités précédemment laisse supposer l'existence, entre ceux-ci et la carrière Brocquet, d'une faille à rejet important.

M. Delecourt y a exécuté, en 1928, un sondage d'environ 40 m.

Suivant l'étude de M. C. Camerman, on aurait traversé la totalité de la veine de Vault sur une épaisseur d'environ 25 m.

Rappelons que l'inclinaison des bancs du calcaire est d'environ 5 % S.—S.E.

Lorsqu'on observe l'allure générale des couches landéniennes, on peut remarquer qu'elles augmentent sensiblement d'épaisseur au fur et à mesure que l'on se rapproche de l'Escaut, et que la surface du calcaire est inclinée d'environ 2 cm. par mètre vers le fleuve.

Ceci laisse supposer que la dépression actuellement utilisée par l'Escaut, et où celui-ci a établi son lit, était déjà existante à l'époque des mers éocènes et peut-être antérieurement.

L'origine de cette dépression pourrait être due, nous semble-



t-il, au jeu relativement tardif d'une faille qui doit se trouver dans l'axe du fleuve.

On peut observer, en effet, que si sur la rive gauche on enregistre une forte épaisseur de morts-terrains, il n'en est pas de même de l'autre côté de l'Escaut.

Là, le calcaire affleure à proximité de la rivière, à la cote 23, à l'entrée de l'ancienne carrière des Vignobles (fig. 1, 9), soit à 4<sup>m</sup>50 au-dessus de la plaine alluviale qui se trouve ici à la cote 18,5.

Nous rencontrons ici une très faible épaisseur de calcaire de la veine du Bois, où nous avons relevé la présence de *Productus mesolobus*, et qui surmonte le calcaire à stratification tourmentée, avec cherts, *Chonetes hardrensis*, *Productus Vaughani*, du sommet de la veine de Vaulx.

Par contre, à la carrière Brocquet, dont nous avons parlé précédemment, nous trouvons, sous une épaisse couche de 12 à 15 m. de Pléistocène et de Landénien, dont la surface arrive à la cote 30, une épaisseur d'environ 15 m. de calcaire de la veine du Bois.

Ceci donnerait donc à l'accident tectonique supposé un rejet d'environ 22<sup>m</sup>70, ce phénomène ayant probablement eu lieu, soit avant, soit pendant la formation des couches éocènes.

Il semble fort naturel, le relief y aidant, que les eaux fluviales ayant trouvé là un amas de sables et de roches friables, évidemment plus meubles et faciles à entamer que les masses primaires environnantes, soient venues y établir le lit actuel de l'Escaut.

Avant de quitter définitivement la rive gauche, constatons encore que les exploitations calcaires du groupe restant, soit les carrières des Cinq Rocs (fig. 1, 10) et les carrières de Calonne et de Bruyelle (fig. 1, 11 et 12), sont pour la plupart recouvertes de sédiments du Landénien marin, variant du niveau gris clair à empreintes tubulaires au tuffeau à *Pholadomya Konincki*. On n'y rencontre que fort rarement le niveau sableux, particulièrement glauconifère, vert noirâtre; n° 11 de la coupe de la carrière Brocquet.

Dans la plaine alluviale (fig. 1, 13), à Bruyelle, on a traversé les couches suivantes lors du creusement d'un puits domestique (coupe presque identique à celle que M. G. Mor-

telmans a rencontrée en 1930 sur la rive opposée) (Puits de Cimescaut) :

	Mètres.
1. Alluvions modernes (supérieures) grises, cohérentes, plastiques panachées de roux (coquilles de <i>Succinea</i> ) .	1,90
2. Tourbe à élytres de coléoptères. (Base remplie de branches et débris de troncs d'arbres.) . . . . .	0,75
3. Alluvions inférieures (gris verdâtre) . . . . .	2,50
4. Tuf calcaire gris jaunâtre, granuleux avec concrétions (Partie supérieure très coquillière : <i>Unio</i> , <i>Helix</i> , <i>Neritina</i> , <i>Planorbis</i> , <i>Paludina</i> .) . . . . .	2,00
5. Gravier avec silex roulés et brisés (sable grossier) . .	0,50

L'étude de cette coupe conduit à supposer, comme l'avait déjà signalé M. G. Mortelmans en 1930, l'existence vers la fin du Pléistocène d'étangs situés parallèlement au cours du fleuve dans lesquels se seraient déversés des sources et petits cours d'eau calcaire auxquels serait due la couche de tuf n° 4. Celle-ci nous a fourni de nombreux ossements de *Cervus Elaphus* et de *Bos Primigenius*, dont un crâne complet qui se trouve actuellement dans les collections du Musée royal d'Histoire naturelle. Plusieurs os nous ont paru avoir été intentionnellement fendus en long.

Repassons sur la rive droite : Au delà de l'affleurement de calcaire dinantien des Vignobles, le Primaire est recouvert de sédiments pléistocènes (carrière de la Chapelle; fig. 1, 14) à la base desquels se trouve un important cailloutis de terrasse composé de sables grossiers, de silex brisés, de galets de quartzite. La partie inférieure de celui-ci devient argileuse et contient de gros blocs de calcaire, des galets de quartzite de plus grandes dimensions et des cherts.

Ce deuxième niveau, qui remplit les fissures du calcaire, semble avoir emprunté à des dépôts wealdiens la plus grosse partie des éléments qui le composent.

La totalité du cailloutis est recouverte de 1 à 2 m. d'ergeron.

La surface du sol se trouve ici à la cote 29-30.

Plus à l'Est, dans les carrières de Vaultx-Antoing (fig. 1, 15), le Paléozoïque forme une dépression où nous voyons réappa-

raître sous une épaisseur variable d'ergeron (quelques mètres) le Landénien marin caractéristique des couches 6-7-8.

Partie supérieure du dépôt de la carrière Brocquet. Soit :

1. Sable argileux grisâtre.
2. Sable grisâtre peu glauconifère, à parties cohérentes.
3. Tuffeau gris clair.

Plus au Sud, à la nouvelle carrière des Cimenteries de l'Escaut, sur le territoire d'Antoing (fig. 1, 16), on peut observer une belle coupe de morts-terrains où le Landénien marin est largement représenté.

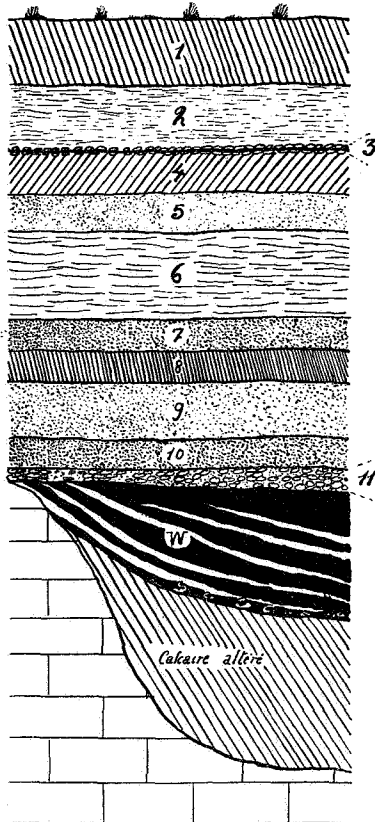


FIG. 8.

Voici, de haut en bas, les couches qui y sont visibles (la surface du sol se trouve à la cote 35) (fig. 8) :

	Mètres.
<i>Pléistocène :</i>	
1. Terre à briques . . . . .	1,50
2. Ergeron supérieur . . . . .	2,00
3. Mince gravier avec cailloux roulés . . . . .	0,25
4. Ergeron inférieur . . . . .	0,50
<i>Landénien marin :</i>	
5. Sable grisâtre cohérent, peu glauconifère . . . . .	1,00
6. Roche blanchâtre, compacte, sableuse, très peu glauconifère, semblable au niveau 8 de la carrière Brocquet, traînées de $2\text{Fe}^2\text{O}^3$ , $3\text{H}^2\text{O}$ . . . . .	3,00
7. Sable très glauconifère, vert . . . . .	1,00
8. Grès très glauconifère . . . . .	1,00
9. Sable grisâtre peu glauconifère avec nombreuses traînées d'hydroxyde de fer . . . . .	1,40
10. Sable vert glauconifère . . . . .	0,30
11. Cailloutis de base avec silex, sable jaune, amas limoniteux.	
Très fossilifère :	
a. Au sommet : Spongiaires silicifiés.	
b. Vers la base : nombreuses coquilles à test particulièrement bien conservé : Gastéropodes ( <i>Cerithiidae-Fusidae</i> ), Lamel-libranches, radioles de <i>Cidaris</i> , dents de Squales ( <i>Ondontaspis</i> , <i>Lamna</i> ).	

Cette couche repose sur le calcaire argilo-siliceux compact de la veine du Bois (niveau supérieur utilisé à la fabrication du ciment romain). La surface de celui-ci est silicifiée, la roche étant, comme à la carrière Isère (Gaurain-Ramecroix) (fig. 1, 17), rougie en dessous par la limonite et le carbonate ferrique.

Des perforations de lithophages affectent la partie silicifiée et certains endroits portent des traces analogues à celles que laissent les tubes de serpules lorsqu'on les arrache du corps sur lequel ils sont fixés.

Le Dinantien représenté dans cette exploitation est traversé par de nombreuses cassures qui sont orientées dans deux directions presque perpendiculaires N.-47°-E. et N.-40°-W.

Il s'est formé des poches de dissolution au sommet de ces diaclases; plusieurs d'entre elles ont été récemment déblayées sur plusieurs mètres de long et 2 à 3 m. de profondeur, en même temps que l'on mis à jour la surface du Primaire.

Elles se présentent sous forme de grands couloirs du plus curieux effet (pl. III, fig. 1) et étaient remplies d'une certaine épaisseur d'argile wealdienne avec couches ligniteuses, étage qui reposait sur une masse importante de roche primaire décalcifiée.

Ces jours derniers, dans la partie Est de la carrière, sous l'Éocène, on a mis à jour, au cours des terrassements, le plus grand gisement wealdien qu'il nous a été donné d'observer dans le Tournaisis.

Il présente une surface d'environ 3.850 m. carrés; la cavité dans laquelle il se trouve mesurant environ 35 m. de large, sur une longueur actuellement visible de 110 m.

L'excavateur mécanique pénètre actuellement à environ 2 m. de profondeur dans une belle argile plastique, non calcarifère, qui varie, comme à Hautrage, du noir poix au gris clair; elle est bien homogène, chose rare dans la région, où, en général, ces argiles sont entrecoupées de petits lits de sable et de cherts. Nous y avons recueilli un beau morceau de bois lignitifé, non pyriteux, à structure bien conservée.

En remontant vers le Nord, nous atteignons les carrières de Gaurain-Ramecroix.

Dans certaines de ces exploitations, le calcaire dinantien est recouvert directement par le Pléistocène, dans d'autres, il est surmonté de terrains tertiaires qui se présentent sous des aspects différents de ceux rencontrés jusqu'alors, et les endroits ne sont pas rares où le Paléozoïque affleure.

Les dépôts pléistocènes se composent comme suit : à la base, épais cailloutis de silex cacholonisés du Diestien, silex brisés, galets de quartzite. Ce niveau est surmonté d'une épaisseur variable d'ergeron.

C'est à la carrière Isère que l'on rencontre à nouveau une belle coupe de morts-terrains (fig. 1, 17). Nous y voyons, sous une épaisseur d'environ 1 m. d'ergeron, ayant à sa base un lit de galets du Diestien, 2 m. d'argile sableuse plus ou moins jaunâtre, teintée par l'hydroxyde ferrique (partie altérée et remaniée de l'assise suivante), 5 m. d'argilite très peu glauconifère, grisâtre, micacée, colorée en gris par le sulfure de fer. Menus débris végétaux.

Étant donnée la grande quantité de petits débris végétaux que l'on y rencontre, seuls témoins organiques que l'on ait jusqu'à présent recueillis, nous serions plutôt porté à rappro-

cher ce niveau des dépôts continentaux ou lagunaires du Landénien supérieur.

Naturellement, il reste à faire la découverte d'animaux fossiles, mollusques ou autres qui permettront une classification plus précise.

Nous retrouverons le même terrain dans les carrières de la Roquette et des Prés, où nous avons également recueilli des débris de végétaux (fig. 1, 18 et 19).

En continuant vers le Nord, nous arrivons sur le territoire d'Havinnès; nous y trouvons plusieurs exploitations d'argile où l'on utilise pour la fabrication de tuiles la partie inférieure (Yc) de l'Yprésien, le sable à *Nummulites planulatus* (Yd) n'y étant pas représenté.

Un grand puits d'extraction situé non loin de la station de chemin de fer nous a fourni de haut en bas la coupe suivante (fig. 1, 20): surface du sol, altitude 45.

	Mètres.
<i>Pléistocène :</i>	
1. Faible épaisseur d'ergeron. A la base, cailloutis de galets de silex cariés et cacholonisés, amas limoniteux. Cette couche ravine l'assise suivante . . . . .	0,50
<i>Yprésien (Yc) :</i>	
2. Argile colorée en brun jaunâtre par suite d'altération. Cristaux de gypse . . . . .	3,80
3. Lit d'argilite dur, brunâtre, feuilleté . . . . .	0,10
4. Argile colorée en gris-bleu par sulfure de fer. Petites concrétions de FeS <sup>2</sup> , dents de Squale ( <i>Lamna</i> , <i>Odonaspis</i> ). Nombreux cristaux de SO <sup>4</sup> Ca, 2 H <sup>2</sup> O.	
5. Argile sableuse, grise, avec bois lignitifé . . . . .	0,90
6. A la partie médiane de ce niveau se trouve un lit de débris végétaux avec pyrite.	
7. Lit continu de grosses concrétions de FeS <sup>2</sup> . Quelques petits galets de silex noir. (Base de l'Yprésien.)	
<i>Landénien marin :</i>	
8. Sable jaunâtre peu glauconifère . . . . .	0,70
9. Sable rougeâtre limoniteux, glauconifère . . . . .	0,10
10. Sable plus fin, légèrement argileux, très glauconifère, franchement vert; visible sur . . . . .	1,50

Il est à supposer que les différentes teintes du sable sont dues à l'altération plus ou moins prononcée de la glauconie.

Des recherches paléontologiques effectuées dans les différentes excavations de cette localité nous ont permis de recueillir : 1° dans la partie 2, légèrement au-dessus de l'argilite, un *Xanthopsis leachi*; 2° dans la partie gris-bleu très foncé, vers le milieu du gisement (noir gras des ouvriers), une dent de *Charcharodon*; 3° dans le lit 6, un spécimen d'*Hormioides*.

### EXPLICATION DE LA PLANCHE III.

FIG. 1. — Surface du calcaire dinantien, avec poches de dissolution allongées au sommet des diaclases. Nouvelle carrière des Cimenteries de l'Escaut, à Antoing.

---



FIG. 1. — J. BAUDET : SUR LES MORTS-TERRAINS DU TOURNAISIS.



**Le calcaire tournaisien de la veine de Vaulx  
et du sommet de la veine de Première à la carrière Brocquet  
à Chercq-lez-Tournai,**

par J. BAUDET (\*).

Renseignements donnés d'après la partie de l'assise de Vaulx visible dans l'exploitation et suivant les échantillons du sondage effectué en 1928 par M. Delecourt.

De haut en bas, à partir du gras délit (zone de contact entre la veine du Bois <sup>(1)</sup> et la veine de Vaulx). Cote 13,50.

Nos	DESCRIPTION	Epaiss.	Base à
<b>A. — Partie exploitée.</b>			
VEINE DE VAULX.			
1.	Calcaire argilo-siliceux, dur très cohérent. Nombreux cherts disposés par lits. A 2 <sup>m</sup> 70, petit niveau fossilifère ( <i>Caninia</i> , <i>Productus Vaughani</i> Muir Wood). Cette couche est divisée en petits bancs de 30 à 50 cm. . . . .	6,70	6,70
2.	Plusieurs gros bancs de calcaire avec menus débris de crinoïdes. Quelques fossiles disséminés ( <i>Productus Vaughani</i> ) . . . . .	1,74	8,44
3.	Calcaire très dur, cohérent, à cassure conchoïdale, peu crinoïdique; assez bien de cherts . . . . .	1,12	9,56
<b>B. — Sondage.</b>			
4.	Sommet cohérent avec cherts, cassure avec paillettes de pyrite. Partie médiane fossilifère ( <i>Chonetes hardrensis</i> Phillips, <i>Lingula Straeleni</i> Demanet). Base schistoïde, noire, à stratification tourmentée . . . . .	2,15	11,71
5.	Couche très caractéristique, pétrie de fossiles ( <i>Chonetes hardrensis</i> Phillips en abondance. <i>Orbiculoidea tornacensis</i> Demanet, <i>Caninia Cornucopiae</i> Michelin) . . . . .	0,10	11,81
6.	Calcaire dur, subcompact, sans aucun débris crinoïdique, très cohérent, cassure conchoïdale. Quelques fossiles disséminés. Certains endroits sont schistoïdes . . . . .	1,32	13,13

(\*) Note présentée à la séance du 20 juin 1939.

(1) Nous rappelons que la veine du Bois est l'assise supérieure du gisement dinantien du Tournaisis.

Nos	DESCRIPTION	Epaiss.	Base à
7.	Lit fossilifère moins caractéristique que 5, mais avec plus grande diversité d'espèces ( <i>Athyris squamigera</i> de Koninck, <i>Phillipsia gemmulifera</i> Phillips, <i>Chonetes hardrensis</i> Phillips, <i>Dielasma corrugatum</i> de Koninck, <i>Tylothyris laminosa</i> de Koninck, <i>Rhipidomella michelini</i> Léveillé, <i>Athyris leveillei</i> de Koninck, <i>Productus Vaughani</i> Muir Wood, <i>Schellwienella aspis mut. radioliformis</i> Demanet, <i>Orbiculoidea</i> ) . . . . .	0,20	13,33
8.	Couche schistoïde, peu fossilifère ( <i>Chonetes hardrensis</i> Phillips, <i>Tylothyris laminosa</i> de Koninck) . . . . .	0,45	13,78
9.	Partie altérée, schistoïde, noire . . . . .	0,05	13,83
10.	Calcaire subcompact, cohérent au sommet et schistoïde vers la base. Aucun débris de crinoïdes. Quelques fossiles disséminés ( <i>Schellwienella aspis</i> , <i>Chonetes hardrensis</i> , <i>Caninia cornucopiae</i> , <i>Tylothyris laminosa</i> , <i>Productus Vaughani</i> ). Stratification tourmentée . . . . .	2,60	16,43
11.	Niveau riche en débris de fossiles, peu crinoïdique, stratification tourmentée, veinules de calcite ( <i>Chonetes hardrensis</i> ) . . . . .	0,15	16,58
12.	Calcaire très peu crinoïdique, schistoïde . . . . .	0,75	17,33
13.	Calcaire subcrinoïdique, avec débris de fossiles, veinules de calcite, stratification entrecroisée. A la base, petit lit compact de fossiles (2 cm.) avec cherts ( <i>Orbiculoidea tornacensis</i> , <i>Orbiculoidea nitida</i> Phillips, <i>Caninia</i> , <i>Chonetes hardrensis</i> ) . . . . .	1,35	18,68
14.	Calcaire subcompact, devenant fossilifère vers la base, cassure conchoïdale, stratification tourmentée ( <i>Productus Vaughani</i> ) . . . . .	0,35	19,03
15.	Partie schistoïde noirâtre, traversée d'une grosse veine de calcite, légèrement plus crinoïdique que les couches précédentes, débris de fossiles ( <i>Tylothyris laminosa</i> , <i>Caninia</i> , <i>Productus Vaughani</i> ) . . . . .	0,55	19,58
16.	Lit de cherts (3 à 5 cm.). Base du niveau précédent.		
17.	Partie à stratification tourmentée, subcrinoïdique, alternance de parties cohérentes et de parties schistoïdes ( <i>Productus Vaughani</i> ?, <i>Tylothyris laminosa</i> ) . . . . .	1,92	21,50
18.	Partie schistoïde subcrinoïdique . . . . .	0,60	22,10
19.	Couche schistoïde noire, remplie de débris de <i>Syringopora</i> placés perpendiculairement à la stratification . . . . .	0,20	22,30

Nos	DESCRIPTION	Epaiss.	Base à
20.	Partie schistoïde subcrinoïdique . . . . .	0,10	22,40
21.	Partie alternativement cohérente et schistoïde, abondance d' <i>Orbiculoidea tornacensis</i> . . . . .	0,50	22,90
22.	Calcaire dur, peu crinoïdique, peu fossilifère . . . . .	0,40	23,30
23.	Niveau schistoïde subcrinoïdique, plus ou moins fossilifère. Vers la base une partie cohérente avec <i>Chonetes hardrensis</i> ( <i>Orbiculoidea tornacensis</i> , <i>Tylothyris laminosa</i> , <i>Caninia</i> ) . . . . .	1,75	25,05
24.	Niveau caractéristique de la base de la veine de Vaulx. Alternance de cherts, très nombreux, et de débris, très menus, de crinoïdes. Cassure conchoïdale, avec paillettes de pyrite à la base et au sommet de la couche . . . . .	1,28	26,33

Notons que la teneur en chaux du calcaire de la veine de Vaulx, que nous venons de traverser, varie de 36 à 46 %. Dans la veine de Première, elle atteint 52,88 %.

D'autre part, comme vous pourrez vous en rendre compte, la faune y est sensiblement différente; à part naturellement certaines espèces qui paraissent être aussi communes dans l'une que dans l'autre assise.

Nos	DESCRIPTION	Epaiss.	Base à
VEINE DE PREMIÈRE.			
25.	Calcaire subcrinoïdique, dur, cohérent Lits de nombreux gros débris de crinoïdes. Rares fossiles vers la base ( <i>Leptaena analoga</i> Phillips) . . . . .	1,60	27,93
26.	Partie schistoïde peu crinoïdique . . . . .	1,81	29,74
27.	Niveau schistoïde devenant cohérent vers la base, débris de crinoïdes plus gros et plus nombreux. Bryozoaires ( <i>Fenestella</i> ) en grand nombre. (Partie correspondant fort probablement aux bancs du sommet de la veine Première à la carrière Baguette, Gaurain-Ramecroix.) . . . . .	0,90	30,64
28.	Calcaire argilo-siliceux crinoïdique avec veines de calcite. Bryozoaires et coupe longitudinale d'un petit <i>Orthoceras</i> . . . . .	3,44	34,08
29.	Calcaire crinoïdique, sans fossiles, avec cherts et veines de calcite . . . . .	0,60	34,68
30.	Partie schistoïde, noire, sans fossiles, peu crinoïdique . . . . .	0,60	35,28
31.	Calcaire rempli de cherts; cassure avec pyrite ( <i>Fenestella</i> ) . . . . .	0,10	35,38

Nos	DESCRIPTION	Epaiss.	Base à
32.	Partie alternativement schistoïde et cohérente, crinoïdique, avec veinules de calcite, assez peu fossilifère . . . . .	1,90	37,38
33.	Calcaire crinoïdique, dur, cassure conchoïdale, grosses veines de calcite fossilifère ( <i>Leptaena analoga</i> , <i>Productus Vaughani</i> , <i>Fenestella</i> , <i>Spiriferina</i> ) . . . . .	2,01	39,29
34.	Partie alternativement schistoïde et cohérente, noire, crinoïdique, peu fossilifère ( <i>Tylothyrus laminosa</i> , <i>Productus</i> ) . . . . .	2,51	41,80
35.	Calcaire grisâtre très crinoïdique, présentant, par endroits, des amas de débris d'encrines. Cassure conchoïdale, fossiles assez nombreux ( <i>Syringopora</i> , <i>Parallelodon bistriatus</i> J. E. Portlock, <i>Fenestella</i> , <i>Michelinia tenuisepta</i> Phillips, <i>Retzia ulotrix</i> de Koninck) . . . . .	5,87	47,67

Parmi les détails qui précèdent, on peut remarquer la présence de niveaux caractéristiques qui sont d'excellents points de repère.

En voici la liste :

- 1° Le lit fossilifère très caractéristique n° 5 où abondent les spécimens de *Chonetes hardrensis*;
- 2° Le niveau fossilifère à faune variée n° 7;
- 3° La couche à *Orbiculoidea tornacensis* n° 21;
- 4° Les cherts qui marquent, sur une épaisseur de 1<sup>m</sup>28, la limite entre la veine de Vaulx et la veine de Première.

Nous devons y joindre la série d'observations suivantes :

- 1° L'apparition des Bryozoaires (*Fenestella*) à 29<sup>m</sup>74;
- 2° L'apparition à 41<sup>m</sup>60 du *Parallelodon bistriatus*;
- 3° Les fossiles qui paraissent être les plus répandus dans la partie supérieure de la veine de Vaulx sont les *Chonetes hardrensis*, ceux qui sont à leur tour les plus nombreux vers la base de l'assise sont les *Orbicules*, et dans la veine de Première ce sont les *Fenestellidae* qui prédominent.

La veine de Vaulx n'étant visible sur la totalité de son épaisseur en aucun point du Tournaisien, il m'a semblé intéressant et peut-être utile, la Direction des carrières Thorn m'ayant gracieusement autorisé à faire l'étude de tous les échantillons du sondage, d'examiner la roche rencontrée et de prendre note de l'intéressante succession paléontologique que l'on peut y observer.

## Résultats d'expériences relatives à la genèse de la structure « cone-in-cone »,

par MARCEL-E. DENAEYER (\*).

(Planche II.)

Les roches affectées de la structure *cone-in-cone* se reconnaissent à leur cassure d'apparence tantôt fibreuse (fig. 18), tantôt chiffonnée, plissotée ou en zig-zag (fig. 14) ou encore, à la production de surfaces de fracture coniques — convexes ou concaves (fig. 6) — portant, en relief ou en creux, des rides annulaires concentriques (<sup>1</sup>).

On trouve parfois des cônes complets, entièrement dégagés ou, plutôt, déboîtés de leur gangue; ils sont tantôt simples, tantôt composés et coalescents. Outre les cannelures circulaires, ils portent des stries suivant leurs génératrices (fig. 2 et 4).

Les roches à structure *cone-in-cone* constituent soit des bancs interstratifiés ou lenticulaires dans des roches normales, non déformées, soit des galettes, des lentilles ou des nodules aplatis dans le sens de la stratification.

Les cônes s'appuient par la base sur les plans de stratification ou bien normalement à la surface des lentilles et nodules. Ils s'y manifestent par une structure mamelonnée ou tuberculeuse (fig. 6 et 13).

L'étude micrographique des roches à structure *cone-in-cone* montre que cette structure peut se traduire par le schéma suivant. Elle consiste, à tous les degrés, en une distribution des constituants minéralogiques de ces roches suivant des surfaces coniques emboîtées et imbriquées, simples ou enveloppantes.

Je désigne sous le nom de *cônes élémentaires ou de premier ordre* les plus petites portions de matière affectées par cette structure et sous le nom de *cônes-enveloppes ou cônes de deuxième, troisième, ...n<sup>e</sup> ordre*, des portions de roches délimitées par des surfaces coniques enveloppantes.

Plusieurs cônes de deuxième ordre enveloppant, chacun, des séries de cônes élémentaires peuvent être, à leur tour, enveloppés par une autre surface conique délimitant, ainsi, un cône plus complexe de troisième ordre, et ainsi de suite.

(\* ) Communication présentée à la séance du 18 juillet 1939.

(<sup>1</sup>) Cf. fig. 3, 4 et 5, pl. I, in M.-E. DENAEYER, Les « cone-in-cone » de la Lufubu (Maniema, Congo belge) (*Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. LXII [1938-1939], pp. B 493-512).

Cônes élémentaires et cônes-enveloppes s'agencent de manière à remplir tout l'espace en formant un double système de cônes alternants.

Dans les sections axiales, les cônes élémentaires se manifestent, tantôt par une disposition en chevrons de paillettes de phyllites, si la roche est quartzo-schisteuse (fig. 12), tantôt par la structure fibro-conique de la calcite si la roche est un calcaire <sup>(2)</sup>.

Les cônes-enveloppes sont, dans tous les cas, soulignés par l'existence de films de phyllites. Ces films présentent généralement une succession d'étranglements et de renflements dissymétriques. Ces renflements prennent tantôt l'aspect de fuseaux (*films à structure fusiforme*) ou, plus souvent, l'aspect d'expansions triangulaires dues au relèvement des paillettes de phyllites des films vers le sommet des enveloppes (*films à structure en gradins*) (fig. 16) <sup>(3)</sup>.

Ces fuseaux et gradins constituent un trait caractéristique de la structure *cone-in-cone*. Dans un cône complet, ils sont de révolution. Ce sont eux qui déterminent les rides annulaires concentriques de la surface des cônes déboîtés. Leur dissymétrie crée un *sens* dans l'orientation des cônes; ceux-ci sont *irréversibles* <sup>(4)</sup>.

Dans les sections basales, l'emboîtement des enveloppes coniques phylliteuses se traduit par des arcs de cercle plus ou moins concentriques et anastomosés entre eux (fig. 8 et 17).

Les caractères définis ci-dessus sont communs à toute une gamme très variée de roches, allant des roches quartzo-schisteuses aux roches carbonatées ou sulfatées.

J'ai indiqué brièvement, dans divers articles, l'insuffisance des théories avancées par les auteurs qui ont étudié la structure *cone-in-cone* et j'ai émis l'opinion que *tous les caractères de cette structure s'accordent avec l'hypothèse d'une déformation plastique due à des forces de traction s'exerçant sur un milieu plus ou moins déformable situé entre des masses plus rigides* <sup>(5)</sup>.

(2) Cf. fig. 6 et 7, pl. II, in M.-E. DENAEYER, *loc. cit.*

(3) Cf. fig. A, p. B 502 et fig. 8, pl. II, in M.-E. DENAEYER, *loc. cit.*, et fig. 3, p. 123, in M.-E. DENAEYER, Sur la microstructure et la composition des « cone-in-cone » du Siegenien métamorphique de Morhet (Ardennes belges) (*Bull. Soc. belge de Géol.*, t. XLIX [1939], pp. 119-125).

(4) M.-E. DENAEYER, A propos des gradins concentriques propres à la structure « cone-in-cone » (*C. R. som. Soc. Géol. France*, fasc. 11 [1939], p. 154).

(5) M.-E. DENAEYER, La reproduction expérimentale de la structure « cone-in-cone ». Ses conséquences au point de vue de la tectonique (*C. R. Acad. Sc.*, Paris, t. 208 [1939], p. 2005).

La présente note a pour objet d'exposer les résultats des expériences que j'ai effectuées pour étayer cette hypothèse et de les comparer aux *cone-in-cone* naturels.

Afin de me rapprocher autant que possible des conditions réalisées par la nature dans les *cone-in-cone* schisteux, j'ai choisi, comme substance déformable, de l'argile plastique. Pour enregistrer et souligner les déformations de l'argile sous l'influence d'une traction, j'y ai incorporé, en proportions convenables, de la poudre de mica passant au tamis 100 meshes.

Une pelote du mélange, malaxé avec de l'eau jusqu'à consistance de mayonnaise, est placée entre deux plaques de verre dépoli adaptées aux plateaux d'une presse à ressort, du genre de celles qu'on emploie pour assurer l'horizontalité des sections polies de minerais.

Des boîtes à billes réduisent au minimum les frottements de l'axe du plateau supérieur. Le ressort antagoniste de cette presse a été enlevé au cours des expériences et l'axe du plateau supérieur a été relié, par un fil courant sur des poulies, à un contre-poids variable (un récipient dans lequel on fait arriver un courant d'eau), de manière à réaliser des tensions croissantes.

Le pelote d'argile est d'abord comprimée entre les plateaux de façon à orienter les paillettes de mica dans des plans parallèles, comme elles le sont dans un schiste phylliteux normal. Le gâteau ainsi obtenu est soumis, ensuite, à une traction qui peut être augmentée, graduellement ou brusquement, jusqu'à la rupture de la masse étirée, ou bien arrêtée au cours de l'étirement. J'ai aussi effectué une série d'expériences en écartant simplement les plaques de verre avec les mains.

*Reproduction des caractères macroscopiques des « cone-in-cone ».* — Pendant ces opérations, la galette d'argile plastique se ramasse sur elle-même en glissant à la surface des plaques de verre, avec formation d'un étranglement équatorial. Après rupture de cet étranglement, l'argile adhérant à chacun des plateaux a pris des formes extérieures qui imitent les traits majeurs des *cone-in-cone* déboîtés.

Suivant le degré de viscosité des éprouvettes et la vitesse de l'étirement, j'ai obtenu des cônes simples ou composés. Les cônes simples sont limités par des surfaces à courbure parabolique (fig. 1). Ces surfaces portent une striation due à l'écoulement de la matière suivant les génératrices des cônes. L'aspect est identique à celui d'un cône calcaire provenant des marnes de Grandcourt (fig. 2).

Les cônes composés (fig. 3) sont comparables à d'autres cônes de même provenance (fig. 4).

Une éprouvette m'a fourni des cônes creux (fig. 5) imitant à la perfection des cônes négatifs obtenus par déboîtement d'un échantillon de schiste arénigien à structure *cone-in-cone* provenant de la Montagne Noire (fig. 6).

En remplaçant l'argile plastique par du ciment soumis à la traction, il s'est produit, par dessiccation, sur la face adhérent à la plaque de verre, des fissures de retrait en arcs de cercle (fig. 7). Leur allure est semblable à celle que donnent, en section basale, les enveloppes coniques phylliteuses des cônes naturels (fig. 8).

Enfin, par étirement, sans rupture, de l'argile plastique, j'ai obtenu une éprouvette étranglée. Elle peut être comparée à un nodule à structure *cone-in-cone*, provenant du Silurien de la tranchée de la station de Statte-lez-Huy, nodule que j'ai recueilli postérieurement à la présentation de cette communication. Ce nodule présente également, sur son bord circulaire, un sillon équatorial très net.

Les figures 9 et 10 représentent, respectivement, la tranche de l'éprouvette, brisée suivant un plan diamétral, et le bord circulaire du nodule dont le sillon équatorial est marqué par une ombre.

*Reproduction des caractères microscopiques des « cone-in-cone ».* — Les plaques minces pratiquées dans les éprouvettes, suivant les plans axiaux, ont toutes montré que les paillettes de mica entraînées par le flux plastique ont pris des inclinaisons d'environ 45° (fig. 11); ces inclinaisons sont plus fortes au voisinage du sommet des cônes artificiels. La rencontre de ces paillettes deux à deux reproduit, avec une perfection supérieure à celle de la nature, la structure en chevrons des paillettes de phyllites délimitant les cônes élémentaires des roches quartzo-schisteuses.

La figure 12 représente une petite portion de la trame fondamentale d'un schiste à structure *cone-in-cone* de l'Arénigien de Sart-Bernard (voir la note ci-après). Les phyllites de ce schiste ont des dimensions beaucoup plus petites que les lamelles de mica incorporées à l'argile plastique. Elles sont le plus souvent groupées en traînées et n'apparaissent, sur la microphotographie, qu'avec des contours confus et fortement diffractés; mais la disposition en chevrons est évidente.

En section basale, les paillettes de mica des cônes expérimentaux



taux sont distribuées sans ordre. On observe le même aspect dans les sections basales des cônes naturels.

*Résultats négatifs des expériences.* — Je viens de montrer les résultats positifs de mes expériences. Il convient de montrer aussi ce qu'elles n'imitent pas.

Ce sont : 1° les surfaces mamelonnées externes des bancs ou nodules à structure *cone-in-cone* et, 2° les rides annulaires concentriques, manifestation extérieure, sur les surfaces de fracture coniques, des films à gradins ou fusiformes des cônes-enveloppes.

C'est un truisme de dire que le résultat d'une expérience est conditionné uniquement par la nature, le nombre et les interactions des facteurs en présence. On ne peut donc s'attendre à la formation de surfaces mamelonnées quand les parois exerçant une traction présentent, en tous points, une rigidité uniforme. On ne peut, non plus, s'attendre à la formation des cônes-enveloppes et des films à gradins dans une expérience très brève, exécutée en un seul temps, et en l'absence de réajustements et de migrations des substances minérales, favorisés, dans la nature, par des tensions orientées pendant de très longues durées et par la présence de liquides d'imbibition (6).

\*  
\*\*

La conclusion de mes expériences est que les minéraux qui forment le matériel plastique soumis à une traction ont surtout un rôle passif; ils réagissent mécaniquement. Du moins cela est-il vrai dans les conditions des expériences qui imitent les caractères des *cone-in-cone* schisteux.

On objectera que cette conclusion ne peut s'appliquer entiè-

(6) Dans le temps qui s'est écoulé entre la présentation de cette communication et son impression, de nouvelles observations micrographiques m'ont fourni, de la genèse des films à gradins, une explication qui infirme les suppositions formulées ici, ainsi que dans les notes citées sous (4) et (5).

Les observations en question et les conclusions que j'en tire quant au mode de formation des films à gradins paraîtront dans la suite de ce *Bulletin* (M.-E. DENAEYER, *Les miches à structure « cone-in-cone » du Silurien de la tranchée de Statte*, séance du 16 avril 1940). Ces observations et conclusions ont été, en outre, reproduites dans l'article suivant : M.-E. DENAEYER, *Genèse des gradins concentriques propres à la structure « cone-in-cone »* (*C. R. som. Soc. Géol. France.*, séance du 22 avril 1940, fasc. 7, pp. 77-79).

rement aux *cone-in-cone* calcaires (mieux connus et, sans doute, plus répandus que les premiers). La calcite des cônes élémentaires s'y présente presque toujours sous une forme fibreuse et optiquement orientée.

Il paraît évident que, dans ce cas-ci, le rôle de la calcite n'est pas purement passif. En présence de tensions orientées, elle doit aussi réagir chimiquement et physiquement grâce à sa plus grande solubilité. L'état de contrainte du milieu, d'une part, et la dépression créée par la traction, d'autre part, provoqueraient sa recristallisation par un mécanisme analogue à celui invoqué par le principe de Riecke.

\*  
\* \*

Si la reproduction expérimentale d'un phénomène géologique ne constitue pas la démonstration complète, au sens physique, de la genèse de ce phénomène, elle a du moins cet avantage très appréciable de mettre une hypothèse de travail à l'épreuve. Elle lui communique une force de persuasion qui ne fait pas craindre de l'appliquer à l'interprétation de faits d'observation sur le terrain.

Il n'entre pas dans mes intentions d'envisager, dans cet article, les conséquences de cette hypothèse au point de vue de la tectonique. Je l'ai fait antérieurement de façon sommaire (5).

Il me reste à souhaiter que des tectoniciens qualifiés la confronte avec les *faits* qui la consacreront ou la feront tomber dans l'oubli.

### **Les schistes aréniens à structure « cone-in-cone » de la tranchée de Sart-Bernard (province de Namur),**

par MARCEL-E. DENAEYER (\*).

(Pl. II, fig. 12-20.)

A environ 11 km. au Sud-Est de Namur, à hauteur de la station de Sart-Bernard, la voie ferrée Bruxelles-Luxembourg traverse deux tranchées ouvertes dans les schistes ordoviciens du bord méridional de la bande silurienne de Sambre et Meuse.

La tranchée située à l'Ouest de la station recoupe obliquement les strates redressées, de direction Est-Ouest, de l'Arénien supérieur (zone à *Didymograptus bifidus*) (1).

(\*) Communication présentée à la séance du 18 juillet 1939.

(1) E. MAILLIEUX, L'Ordovicien de Sart-Bernard (*Mém. Musée roy. Hist. nat. de Belg.*, n° 86, 1939).

Les schistes de cette tranchée renferment des intercalations de *cone-in-cone* <sup>(2)</sup> que je me propose de décrire sommairement, d'après les échantillons que j'ai récoltés en novembre 1938.

Ces échantillons comprennent : 1° des fragments de schiste en plaquettes; 2° des fragments d'un banc interstratifié, d'aspect scoriacé. Ils proviennent tous du talus nord de la tranchée.

### I. — SCHISTE EN PLAQUETTES.

J'ai récolté ces plaquettes à la surface du sol, au sommet du talus et à la hauteur du kilomètre 72,3.

MACROSTRUCTURE. — Leur épaisseur est d'environ 1 ½ cm.

Elles présentent une face lustrée, couverte de petits mamelons de quelques millimètres de diamètre. La face opposée est mate, grenue ou finement tuberculeuse.

La figure 13 représente la face mamelonnée d'un petit fragment.

La tranche des échantillons montre une structure plissotée, très serrée, due à l'emboîtement régulier de très petits cônes (fig. 14). En section polie, on voit sur chaque mamelon de la face lustrée s'appuyer un petit cône sombre d'environ 3 mm. de hauteur. Ces petits cônes se succèdent régulièrement le long de cette face; ils sont enveloppés de cônes plus clairs qui s'étagent, en s'emboîtant, sur toute la hauteur de la tranche.

MICROSTRUCTURE. — Le quartz en granules d'une extrême finesse et des phyllites abondamment répandues forment la trame de la roche. Les phyllites sont attribuables en partie à la séricite ou à la muscovite, en partie à une chlorite (?) brune polychroïque. Un voile granulaire de limonite secondaire s'étend sur le tout; très fréquemment, cette limonite s'individualise en amas de petits globules bruns transparents qui semblent résulter de l'épigénie de granules de pyrite ou de marcassite.

*En section axiale* (= section transversale des plaquettes), la structure *cone-in-cone* se manifeste : 1° par la disposition générale en chevron des phyllites; cette disposition constitue ce que j'ai appelé les cônes élémentaires ou de premier ordre (fig. 12); 2° par l'existence de films ou traînées ondulées de phyllites enveloppant des séries de cônes élémentaires.

(2) Cf. légende de la Carte géologique de Belgique au 1/40.000<sup>e</sup>, planchette n° 155 (Malonne-Naninne) levée par X. STAINIER avec le concours de M. MALAISE pour le Silurien (*Inst. Cart. Milit.*, 1901).

Ces enveloppes définissent une succession assez régulière de cônes emboîtés plus grands, de deuxième ordre.

L'ouverture de ces cônes-enveloppes est d'environ 90 degrés.

Ils se relient entre eux en dessinant une suite d'ondulations qui peuvent confluer et s'anastomoser (fig. 15).

Les enveloppes des cônes constituent des surfaces de discontinuité structurale propices à la circulation des solutions minéralisantes. Aussi sont-elles le plus souvent imprégnées de limonite qui les souligne fortement, mais qui masque en même temps leur structure.

Quand la limonite est absente, la structure fusiforme ou en gradins des enveloppes apparaît nettement, entre nicols croisés : les paillettes de phyllites qui les constituent ont une tendance à se relever vers les sommets des cônes en imitant confusément des houppes ou des éventails à demi ouverts (fig. 16).

Les cônes sombres dont j'ai parlé plus haut correspondent à une pigmentation plus abondante et plus fine de la trame fondamentale.

*En section basale* (=section parallèle aux faces des plaquettes) les traces des enveloppes des cônes de second ordre prennent l'aspect d'un réseau anastomosé dont les mailles dessinent des arcs de cercle irréguliers, plus ou moins concentriques, que la limonite souligne vigoureusement (fig. 17).

Les paillettes de phyllites de la trame fondamentale sont distribuées sans ordre apparent.

La structure et la composition minéralogique des *cone-in-cone* en plaquettes de Sart-Bernard sont, en grande partie, comparables à celles des *cone-in-cone* ordoviciens de la Montagne Noire, dans l'Hérault (3). J'ai pu m'en assurer moi-même en étudiant un échantillon provenant du bois de la Cabosse et appartenant au Musée de Paléontologie de l'Université de Louvain.

COMPOSITION CHIMIQUE. — L'analyse suivante est due à mon assistante, M<sup>lle</sup> D. Eliasberg :

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O+	H <sub>2</sub> O—
72,92	10,08	2,67	4,56	1,19	0,58	0,70	0,93	1,65	0,43	3,54	0,75

Total = 100,00

(3) L. CAYEUX, *Les roches sédimentaires de France. Roches carbonatées*, Paris, 1935, pp. 282-286.

Ces résultats, exprimés en paramètres de Niggli, donnent :

<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>ti</i>	<i>h</i>	<i>mg</i>	<i>k</i>	<i>c/fm</i>
471	38	49	4	8	8	93	0,30	0,48	0,09

Si l'on essaie d'interpréter l'analyse centésimale en fonction de la composition minéralogique observée ou probable, on obtient :

	%		
	—	En résumé :	
Quartz . . . . .	61,62		
Muscovite . . . . .	7,96		%
Paragonite . . . . .	8,40		—
Vermiculite (1) . . . . .	13,86	Quartz . . . . .	61,62
Limonite . . . . .	3,31	Phyllites . . . . .	30,22
Ilménite . . . . .	3,04	Divers . . . . .	7,56
Sphène . . . . .	0,20	H <sub>2</sub> O— . . . . .	0,75
Apatite . . . . .	1,01		—
H <sub>2</sub> O— . . . . .	0,75		100,15
	—		
	100,15		

II. — BANC INTERSTRATIFIÉ.

Entre les kilomètres 72,1 et 72,2, au pied du premier poteau télégraphique que l'on rencontre, à gauche, en pénétrant dans la tranchée par son extrémité occidentale, gisent dans la cunette de la voie ferrée, des fragments gros comme le poing, d'une roche d'aspect scoriacé et vacuolaire, imprégnée de limonite. Ils proviennent d'un banc continu ou lenticulaire, de 5 à 10 cm. de puissance, interstratifié dans les schistes qui forment le talus.

MACROSTRUCTURE. — Aux épontes de ce banc adhère une croûte de schiste gris foncé d'aspect normal, sauf à dire que sa surface est plus ou moins mamelonnée. Sur une cassure transversale, la roche possède, d'un côté seulement et jusqu'à mi-hauteur environ, une structure fibro-conique assez régulière; ensuite, les fibres s'infléchissent fortement, presque jusqu'à l'horizontale; puis, au voisinage de l'éponte opposée, la structure paraît complètement brouillée (fig. 18).

Les sections polies précisent certains détails de ces trois zones.

(1) Pour la commodité du calcul j'ai utilisé la formule de la vermiculite plutôt que celle d'une chlorite. La chlorite (?) observée présente certains caractères qui la rapprochent de la vermiculite, sauf la biréfringence, qui est faible.

Elles montrent, notamment, à la base de la zone fibreuse, des *bourgeons* coniques surbaissés, de teinte sombre, semblables aux petits cônes obscurs de l'échantillon précédent et placés comme eux dans l'axe des mamelons du schiste encaissant. Toutefois, ces bourgeons sont beaucoup plus volumineux, de grande ouverture angulaire et la structure *cone-in-cone* y est très manifeste. Leur déboîtement donne naissance à de larges cupules à gradins. Leur surface supérieure est limitée par de gros festons sur lesquels s'appuient des *cônes longs et grêles* d'environ 30 degrés d'ouverture seulement (fig. 19).

**MICROSTRUCTURE.** — Une chlorite à biréfringence indigo et de la calcite granulaire constituent la trame de la roche. On observe, en outre, de la séricite comme élément des enveloppes, du quartz presque entièrement secondaire et de la limonite en imprégnation et en granules.

*Les bourgeons* (fig. 20). — Les bourgeons de base sont fortement chargés de calcite. Bien que de nature granulaire sub-microscopique, cette calcite possède une orientation générale telle qu'entre nicols croisés, et déjà en lumière naturelle, la structure conique de premier ordre apparaît nettement. Des enveloppes sériciteuses de second ordre, avec structure en gradins, traversent la masse des cônes élémentaires. Les bourgeons s'appuient directement dans le schiste sériciteux normal de l'éponte. Celui-ci est imprégné de limonite au contact.

Les gros festons qui limitent les surfaces coniques des bourgeons méritent une mention spéciale. Ils forment des enveloppes de troisième ordre, très épaisses, rubéfiées, d'aspect plutôt « boudiné » qu'en gradins.

Ils sont constitués par un feutrage de séricite et de produits colloïdaux bruns; des veinules de limonite les sillonnent et s'insinuent entre des plans de décollement. Parfois ces plans s'écartent et le bâillement ainsi produit est alors garni de rosettes et de sphérolites de chlorite verdâtre.

Contrairement à ce qui s'observe d'habitude dans les roches à structure *cone-in-cone*, le contact entre les grosses enveloppes boudinées et la masse calcaire sous-jacente n'est pas rectiligne. L'ordonnance conique de cette dernière paraît dérangée mécaniquement dans la zone de contact. Le sommet des enveloppes boudinées est aminci et courbe au lieu d'être anguleux.

*Les cônes grêles* (fig. 19 et 20). — Ces cônes sont implantés normalement à la surface supérieure des « boudins » de l'enve-

loppe externe des bourgeons. Ils sont essentiellement formés de chlorite. La calcite granulaire y est clairsemée ou bien se concentre en zones coniques emboîtées, très aiguës et toujours pourvues de l'unité d'orientation optique. Les paillettes de chlorite ne présentent pas la structure en chevron habituelle; elles sont allongées parallèlement aux génératrices des cônes.

Ces cônes sont donc tous de premier ordre et cela dans toute l'étendue de cette zone, épaisse de plusieurs centimètres, qui ne comporte aucune enveloppe de second ordre.

L'aspect macroscopique scoriacé et vacuolaire des échantillons est dû à une dissolution partielle des cônes grêles qui ne laisse plus subsister qu'un squelette de limonite encore imprégné de calcite. Toutefois, il s'est produit, par endroits, un remplissage secondaire de quartz dont les cristaux sont implantés normalement à la surface des cônes adjacents (fig. 20).

Enfin, dans l'épaisseur de la zone des cônes grêles on remarque, ici, de petites vacuoles à contours irréguliers, cernées de limonite et remplies de chlorite verdâtre en rosettes et sphérolites; là, des plages confuses de quartz microgrenu secondaire.

Dans la *zone de rebroussement* de ces cônes grêles, la structure perd toute ordonnance et échappe à toute description. Tous les éléments précédents s'y trouvent confondus. Seules les paillettes de phyllites jalonnent l'inflexion de la matière pétrée.

#### REMARQUES.

Les faits relatés ci-dessus appellent les remarques suivantes :

1° Il faut d'abord attirer l'attention sur la nature pétrographique particulière des *cone-in-cone* dans un ensemble de schistes franchement sériciteux exempts, ou presque, de quartz et de calcite.

Le « schiste » en plaquettes analysé en premier lieu est, en réalité, ce que M. L. Cayeux <sup>(5)</sup> désigne sous le nom de microquartzite schisteux. Quant à la roche du banc interstratifié, elle semble avoir été un calcaire vaseux riche en phyllites.

Les points de comparaison manquent encore pour apprécier si la composition minéralogique particulière de ces roches (microquartzite, calcaire vaseux), contrastant avec celle des schistes sériciteux encaissants, constitue une circonstance fortuite ou favorable — comme je le pense — à la formation des *cone-in-cone*.

(5) *Loc. cit.*

2° Une deuxième observation réside dans le fait que les axes des cônes emboîtés du « schiste » en plaquettes, de même que ceux des bourgeons coniques du banc interstratifié, sont dans le prolongement des axes des mamelons qui agrémentent une des faces des échantillons. J'avais déjà noté la chose au cours de l'étude d'un spécimen de *cone-in-cone* calcaire provenant du Congo belge (6).

Or, dans le « schiste » en plaquettes, les cônes emboîtés de second ordre forment des files verticales assez régulières. Il en résulte que leurs enveloppes phylliteuses décrivent, en section axiale, des lignes sinusoïdales grossièrement parallèles entre elles.

A la lumière de l'hypothèse et des expériences que j'ai exposées précédemment (7), il semble extrêmement probable que cette structure relève uniquement des lois de la mécanique.

3° La structure du banc interstratifié appelle deux remarques.

La première concerne sa structure assez aberrante. On voit clairement l'existence de deux phases de formation. L'une des deux correspond à la formation des gros bourgeons de base et l'autre à la formation des cônes grêles. Cette discontinuité très nette n'est pas de la même nature que celle dont dépend la formation des cônes élémentaires et des cônes-enveloppes dans une masse relativement homogène.

On pourrait, peut-être, interpréter cette discontinuité en l'attribuant à une différence de composition originelle des vases qui ont donné naissance aux deux catégories de cônes : l'une, plus calcaire, correspondant aux bourgeons de base; l'autre, plus argileuse, aux cônes grêles. Cette différence pourrait expliquer, en partie, la différence de comportement des deux milieux soumis aux forces de traction.

La seconde remarque concerne le rebroussement des cônes grêles.

Ce rebroussement s'explique très naturellement par un déplacement relatif des parois encaissantes dans le sens longitudinal.

(6) M.-E. DENAEYER, Les « cone-in-cone » de la Lufubu (*Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. LXVII [1939], p. B 497).

(7) M.-E. DENAEYER, La reproduction expérimentale de la structure « cone-in-cone ». Ses conséquences au point de vue de la tectonique (*C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 208 [1939], p. 2004). — IDEM, Résultats d'expériences relatives à la genèse de la structure « cone-in-cone » (*Ce Bulletin*, pp. 313-318).



## LÉGENDE DE LA PLANCHE II.

Cette légende est commune aux deux notes intitulées : 1. *Résultats d'expériences relatives à la genèse de la structure « cone-in-cone »*; 2. *Les schistes arénigiens à structure « cone-in-cone » de la tranchée de Sart-Bernard.*

Les figures ci-dessous ont été réduites ou agrandies de façon à leur donner des dimensions comparables.

FIG. 1. — Cône simple expérimental. Gross. env. 2×.

FIG. 2. — Cône calcaire des Marnes de Grandcourt (Jurassique inférieur), Saint-Mard (prov. du Luxembourg). Musée de Paléontologie de l'Université de Louvain. Réd. env. 6/7.

FIG. 3. — Cônes composés obtenus expérimentalement. Grand. nat.

FIG. 4. — Cônes composés coalescents des Marnes de Grandcourt (Jurassique inférieur), Saint-Mard (prov. du Luxembourg). Musée de Paléontologie de l'Université de Louvain. Réd. env. 1/2.

FIG. 5. — Cônes creux obtenus expérimentalement. Réd. env. 1/2.

FIG. 6. — Plaquette de « cone-in-cone » schisteux avec cônes creux produits par déboîtement de cônes convexes. Arénigien de la Montagne-Noire, Bois de la Cabosse (Hérault). Musée de Paléontologie de l'Université de Louvain. Réd. env. 5/8.

FIG. 7. — Fissures de retrait en arcs de cercle, produites par dessiccation d'un ciment étiré. Réd. env. 2/3.

FIG. 8. — Cercles concentriques festonnés de la section basale d'un cône calcaire des couches du Lualaba, Lufubu (Maniema, Congo belge). Collections minéralogiques de l'Université de Liège. Grand. nat.

FIG. 9. — Argile plastique étirée sans rupture, montrant un étranglement équatorial. Section diamétrale. Grand. nat.

FIG. 10. — Bord circulaire d'un nodule schisteux montrant un sillon équatorial. Ordovicien de Statte (prov. de Namur). Collection lithologique de l'Université de Bruxelles. Laboratoire de Minéralogie. Réd. env. 1/10.

FIG. 11. — Section axiale d'une éprouvette étirée sans rupture. Microphotographie montrant la structure en chevrons des paillettes de mica. Gross. 33×, Nicols croisés.

FIG. 12. — Section axiale d'un microquartzite schisteux à structure « cone-in-cone » de l'Arénigien de Sart-Bernard (prov. de Namur). Microphotographie de la trame fondamentale montrant la structure en chevrons des phyllites limitant des cônes élémentaires. Collection lithologique de l'Université de Bruxelles. Laboratoire de Minéralogie. Gross 51×, Nicols croisés.

Les échantillons ci-dessous proviennent de la tranchée de Sart-Bernard (prov. de Namur). Ils appartiennent à la Collection lithologique de l'Université de Bruxelles (Laboratoire de Minéralogie).

FIG. 13. — Face mamelonnée d'un fragment de schiste en plaquette. Réd. env. 3/4.

FIG. 14. — Structure plissotée de la tranche d'une plaquette. Réd. env. 4/5.

FIG. 15. — Section axiale montrant l'emboîtement des cônes de deuxième ordre, soulignés par des enveloppes de phyllites rendues opaques par une imprégnation de limonite. Microphoto. Gross. env. 3x.

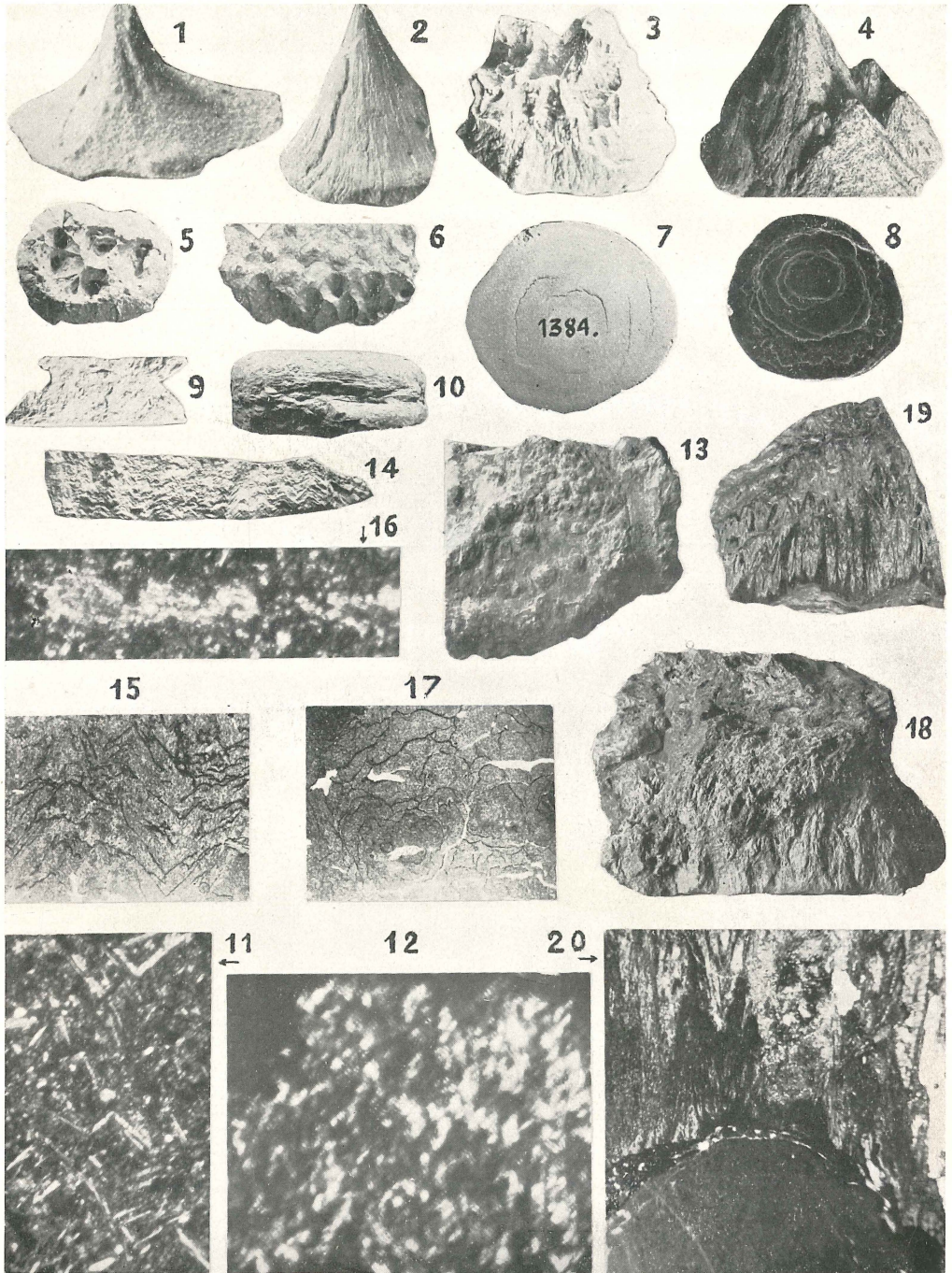
FIG. 16. — Structure en gradins d'une enveloppe de phyllites. Microphoto. Gross. 85x, Nicols croisés.

FIG. 17. — Section basale montrant les traces des enveloppes des cônes de deuxième ordre. Ces traces forment un réseau anastomosé d'arcs de cercles irréguliers soulignés par la limonite imprégnant les phyllites. Microphoto. Gross. env. 3x.

FIG. 18. — Fragment d'un banc interstratifié montrant d'un côté une structure fibroconique et le rebroussement des fibres et, du côté opposé, une structure brouillée. Réd. env. 1/2.

FIG. 19. — Section polie d'un fragment du banc interstratifié montrant, à la base, de gros bourgeons coniques, évidés en cupules et, plus haut, la zone des cônes grêles. Réd. 6/7.

FIG. 20. — Microphotographie d'une section axiale du banc interstratifié montrant un gros bourgeon conique, son enveloppe à allure boudinée (en noir) et, au-dessus, la naissance des cônes grêles. Vers le milieu de cette dernière zone, on observe une trainée de quartz secondaire d'aspect plus clair. Gross. env. 6x.



M.-E. DENAEYER. — STRUCTURE « CONE-IN-CONE ».

**Compte rendu de l'excursion du 5 août 1939  
aux travaux de rectification du canal, à Aalter,**

par ARMAND HACQUAERT et RENÉ TAVERNIER.

(Pl. III, fig. 2.)

Une importante coupure est en voie de creusement au canal de Gand à Bruges, immédiatement à l'Ouest du pont d'Aalter (fig. 1). La Société a visité la coupe mise à jour par ces travaux le samedi après-midi, 5 août 1939 (1). Ci-après, nous résumons brièvement les principaux faits observés.

**1° PANISÉLIEN LIGNITEUX.**

Les couches éocènes, visibles à la partie orientale de la coupe (point 2, fig. 1), appartiennent à un complexe situé stratigraphiquement sous les « Sables d'Aalter », dont le gisement classique se trouve aux collines environnant la gare. Les couches du canal consistent surtout en sables glauconifères de teinte pâle, reposant sur des sables vert foncé, humiques, à grain très fin, rappelant le « Casterlien », qu'a bien voulu nous montrer M. F. Halet, au cours d'une excursion à Herenthals (2). Ces sables renferment des linéoles argileuses de teinte pâle et des dépôts lenticulaires très riches en lignite. A sec, la roche lignitifère est très légère, de teinte brun-chocolat; finement feuilletée, elle présente sur les joints de stratification des fragments de plantes flottés (« paille hachée »); toute l'allure du gisement est allochtone. Ces lentilles sont bien développées à la cote + 6<sup>m</sup>60. Localement, on observe vers cette cote la présence de troncs d'arbres flottés, plus ou moins silicifiés, présentant souvent des perforations de tarets. C'est également vers la cote + 6<sup>m</sup>60 qu'apparaissent de très nombreuses tubulations, légèrement consolidées (pistes de crustacés?) et aussi des galets aplatis en argile chocolatée durcie, ayant de 2 à 5 cm. de plus grande dimension et environ 1 cm. d'épaisseur. Ajoutons que, vers ce niveau, les sables sont localement plus ou moins par-

---

(1) Ont pris part à cette excursion : MM. Delhaye, Dumolin, Hacquaert, Hasse, Kufferath, Laekeman, Schoep, Stockmans, Tavernier et Waterschoot. S'étaient excusés : MM. Grosjean, F. Kaisin et Stevens.

(2) Cfr F. HALET, A propos des formations dites Casterliennes des environs d'Herenthals en Campine [*Bull. de la Soc. belge de Géol.*, 45 (1935), pp. 290-297, pl. VII, Bruxelles, 1936].

faitement cimentés par de la silice, formant des rognons irréguliers de grès; la stratification, bien visible dans ce grès, est entrecroisée.

Tous ces caractères indiquent que la sédimentation s'est effectuée en un milieu aqueux peu profond, marin ou lagunaire. Nous considérons les couches d'Aalter-Canal comme un

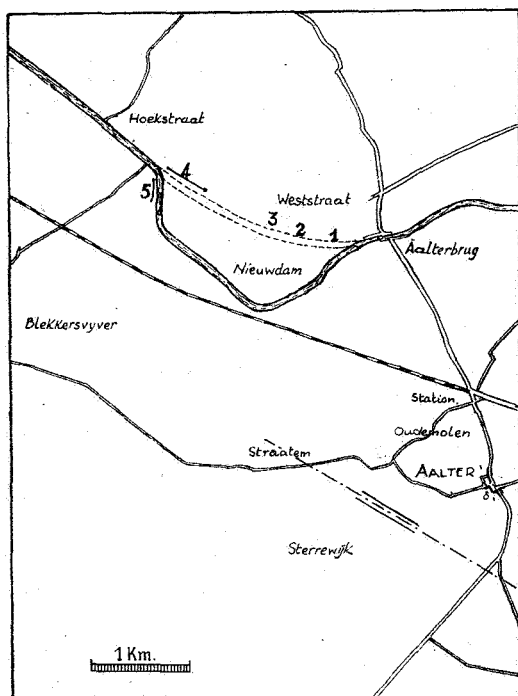


FIG. 1. — Esquisse schématique indiquant la situation des points d'observation.

dépôt de transition entre l'Yprésien et le Lutétien <sup>(3)</sup>. Nous ne pensons pas toutefois qu'il y ait eu émergence complète, mais nous estimons que la régression de la mer yprésienne a connu un maximum lors du dépôt de ces couches. Ceci est en conformité avec les vues de M. Leriche, qui considère les Sables d'Aalter, immédiatement susjacentes aux couches observées au canal, comme le premier dépôt de la transgression lutétienne <sup>(4)</sup>.

<sup>(3)</sup> A. HACQUAERT, De overgang van Ieperiaan tot Lutetiaan te Aalter (Kanaal) (*Natuurw. Tijdschr.*, 21, pp. 323-325, Gand, 1939).

<sup>(4)</sup> M. LERICHE, Les sables d'Aalter (*Ann. de la Soc. géol. du Nord*, 62, pp. 77-96, Lille, 1937).

2<sup>o</sup> PHÉNOMÈNES PÉRIGLACIAIRES.

Au point 2 de la coupe (fig. 1), les dépôts reposant sur l'Éocène sont peu épais; ce sont des sables jaunâtres avec cailloux dispersés vers leur base. Ces cailloux sont nettement polis par le vent et l'on a même trouvé un « dreikanter » en quartz. Il s'agit d'un dépôt en partie éolien ou, tout au moins, remanié par le vent; nous l'assimilons au *drift* des auteurs néerlandais (Edelman et cs.). Plus vers l'Ouest, aux points 3 et 4, le Quaternaire est beaucoup plus épais et présente des diversités lithologiques plus grandes, par intercalation de limon et de tourbe. Grâce à cela, on peut observer des irrégularités dans la stratification, qui sont postérieures au dépôt des couches. Il s'agit de phénomènes qu'Edelman et cs. ont dénommé « kryoturbaat », terme pour lequel nous proposons la désignation de *dislocations périglaciaires*. On observe surtout des plissements des couches, du type « Wiene » <sup>(5)</sup>; nous reproduisons, planche III, figure 2, un exemple typique de ce genre de déformation. En outre, il existe des poches d'affaissement et des remplissages de crevasses de gel. Pour de plus amples détails, nous renvoyons le lecteur à une note parue récemment <sup>(6)</sup>. De toute vraisemblance, ces dislocations datent de la dernière glaciation.

Gand, Laboratoire de Géologie de l'Université.

## EXPLICATION DE LA PLANCHE III.

FIG. 2. — Mince couche de tourbe affectée par des dislocations périglaciaires du type « Wiene ». Quaternaire de la coupure du canal, à Aalter (point 4 de la fig. 1 dans le texte, p. 328). Photographie d'un plan incliné à environ 45°.

Les clichés accompagnant cette note sont empruntés au *Natuurwetenschappelijk Tijdschrift* (vol. 22).

<sup>(5)</sup> On lira avec intérêt un travail récent de C.-H. EDELMAN et R. TAVERNIER, *Périglaciaire verschijnselen, meer in het bijzonder in de Antwerpse Kempen* (*Natuurw. Tijdschr.*, 22, pp. 139-153, pl. I-IV, Gand, 1940). On y trouvera une liste bibliographique étendue.

<sup>(6)</sup> R. TAVERNIER et A. HACQUAERT, *Kryoturbate verschijnselen in Oost-Vlaanderen* (*Natuurw. Tijdschr.*, 22, pp. 153-158, pl. V, Gand, 1940).



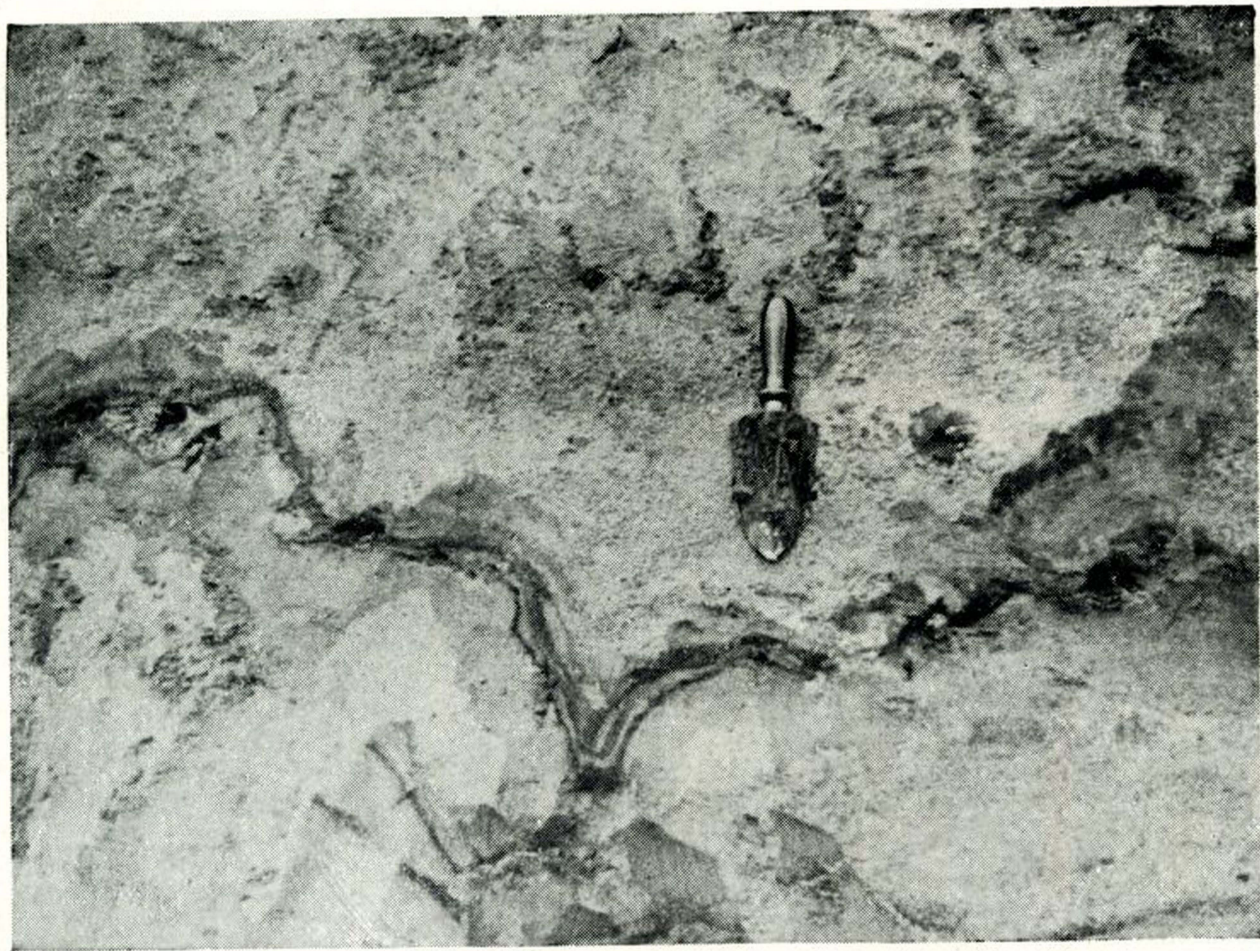


FIG. 2. — A. HACQUAERT ET R. TAVERNIER : DISLOCATIONS  
PÉRIGLACIAIRES A AALTER.