

CONCLUSIONS.

1. Deux failles croisées, appartenant à des phases tectoniques distinctes, sont mises en évidence.
2. L'une et l'autre affectent visiblement la Craie de Nouvelles et la Craie de Spiennes.
3. La plus récente de ces failles est, à l'exclusion de l'autre, occupée par des silex.
4. La nature des silex formant le remplissage filonien de cette faille est apparemment identique à celle des silex interstratifiés dans la Craie de Spiennes.
5. Les filons de silex se prolongent au travers de la Craie de Nouvelles, pourtant exempte de silex en rognons.
6. La suite des phénomènes géologiques se reconstitue de la manière suivante : dépôt et consolidation diagénétique des craies, formation de la faille principale FF, formation ultérieure de la zone failleuse //, enfin remplissage siliceux de cette faille et de fissures et petites failles l'accompagnant.
7. Ce remplissage siliceux de la faille et des fissures appartient donc à un épisode tardif de l'évolution du sédiment.

Mons, Faculté polytechnique.
1^{er} février 1946.

L'évolution du Bas Escaut au Pléistocène supérieur, par R. TAVERNIER.

I. — INTRODUCTION.

En aval de Gand, l'Escaut, qui jusque-là suivait une direction sensiblement Sud-Nord, modifie brusquement son cours, se dirigeant vers l'Est, puis à nouveau vers le Nord. De nombreux auteurs ont essayé de rechercher les causes de cette anomalie (¹). L'historique de la question a été exposé par R. BLANCHARD

(¹) Pour les travaux d'ordre historique, voir DAVID, MARCHAL, E.-J. VERSTRAETE, A.-K. VAN WERWEKE, E. CAMBIER et J. D'HONDT. Pour les travaux d'ordre géologique et géographique, voir A. RUTOT (1, 2), E. VAN OVERLOOP (1, 2), J. CORNET, J. LORIÉ, A. BRUQUET (2), M. LERICHE, F. HALET (1), M.-A. LEPÈVRE (1, 3), M. DE ROECK et R. TAVERNIER.

(1906) et plus récemment par W. POPPE (1943), aux travaux desquels nous renvoyons le lecteur. Nous nous bornerons ici à faire état des études qui ont contribué, par des observations ou interprétations nouvelles, à modifier les opinions sur l'évolution du bas Escaut.

II. — ASPECT HISTORIQUE.

Ce fut A. RUTOT qui, le^e premier, en 1897, signala l'existence d'épais dépôts quaternaires au Nord de Gand. Il les considère comme des dépôts d'un vaste estuaire, le « Golfe de Gand », exutoire de l'Escaut à un moment où les eaux de ce fleuve ne s'écoulaient pas vers Anvers, mais atteignaient la mer du Nord par le Nord-Ouest. Des sédiments marins auraient comblé cet estuaire lors de la transgression flandrienne. Il publia en outre une esquisse cartographique de l'extension de la mer flandrienne, où cet exutoire est nettement mis en évidence par suite de la grande profondeur que la mer y aurait eue.

Dans ses « Études sur l'évolution des rivières belges », J. CONNET (1904) admet un écoulement primitif de l'Escaut vers le Nord, en aval de Gand. Toutefois, dès le Pliocène, des affluents subséquents du réseau originel du bassin de l'Escaut ont capturé les tronçons conséquents, et devinrent ainsi des branches maîtresses de l'hydrographie, provoquant la formation d'un réseau dit « en espalier ».

Pour A. BRIQUET (1908), l'écoulement se faisait vers le Nord-Ouest lors du creusement maximum des vallées. L'estuaire de l'Escaut s'étant colmaté au cours de la transgression flandrienne, le réseau hydrographique ancien a été « effacé » et il s'est produit un écoulement simultané au Nord de Gand et par Anvers; l'évolution ultérieure a amené la suprématie de l'exutoire d'Anvers sur celui de Gand, dont il a capturé toutes les branches.

Des données d'ordre géologique ont été fournies par M. MOURILLON, A. RUTOT, M. LERICHE, etc. C'est cependant à F. HALET qu'on doit quelques travaux apportant des idées nouvelles sur le sujet. En 1922, il montre que le remplissage du « Golfe de Gand » n'est pas dû au dépôt de sable marin, mais est en ordre principal d'origine fluviatile. Cette thèse est confirmée par M. LERICHE (1929). D'autre part, l'exploration géologique de la vallée de l'Escaut entre Tamise et Anvers a permis à F. HALET (1931, 1937) de reconnaître dans ce bief un thalweg, peu pro-

fond il est vrai, mais où se trouvent néanmoins des dépôts sableux sous-jacents à la tourbe et considérés comme pléistocènes. Ces observations infirment les opinions émises à maintes reprises par E. VAN DEN BROECK. La vallée de l'Escaut à Anvers serait donc relativement ancienne.

De son côté, M. LEFÈVRE (1931, 1937), se basant principalement sur des données morphologiques, considère la formation du tronçon de l'Escaut en aval de Rupelmonde comme un phénomène très récent, datant de l'époque historique. Dès cet instant il y eut renversement du courant fluvial.

Enfin, CH. STEVENS (1938) fait intervenir des mouvements tectoniques récents pour expliquer la formation, d'après lui tardive, de l'Escaut d'Anvers, qui a capturé successivement les rivières conséquentes (Kale, Lys, Escaut d'Oudenaarde).

La découverte en 1940 de phénomènes périglaciaires, tant en Campine qu'en Flandre orientale, nous amène à reconsiderer l'évolution du bas Escaut. Nous avons notamment constaté des phénomènes de cryoturbation affectant la partie supérieure des dépôts de la « Vallée flamande »⁽²⁾. Ceci constitue une donnée très importante pour fixer l'âge de ces dépôts. En outre, cela nous amène à envisager l'intervention de phénomènes qui, jusqu'à présent, n'ont pas assez retenu l'attention.

Nous allons donc, au cours des pages suivantes, essayer de préciser la chronologie des dépôts quaternaires au Nord de Gand. Ensuite nous étudierons l'évolution du bas Escaut en tenant compte des actions périglaciaires⁽³⁾, sans toutefois négliger l'influence et les effets dus aux oscillations du niveau de la mer.

III. — CHRONOLOGIE DU QUATERNaire.

A. — Le Pléistocène.

En accord avec la nomenclature généralement admise, nous appelons pléistocène la période correspondant aux glaciations quaternaires. Dans un travail paru en 1943, nous avons tenté

⁽²⁾ Sous ce vocable (« Vlaamsche vallei ») nous désignons depuis 1943 la région à Quaternaire épais au Nord de Gand; c'est le golfe de Gand de RUTOT et de BRIQUET. Le nom a été donné par analogie avec la « Geldersche vallei » des Pays-Bas, avec laquelle notre région présente beaucoup de similitude. Le nom de « golfe » est à rejeter, puisqu'il n'y a pas de dépôts marins. Pour la « Geldersche vallei », voir l'article de CROMMELIN, R.-D.

⁽³⁾ Pour les actions périglaciaires, nous renvoyons le lecteur au travail d'EDELMAN, C.-H. FLORSCHÜTZ, F. et JESWIET.

une classification des dépôts quaternaires en Belgique, en tenant compte des progrès récents réalisés à l'étranger. Rappelons-en brièvement l'essentiel sous forme de tableaux.

TABLEAU I. — Pléistocène.

PLÉISTOCÈNE SUPÉRIEUR	Tardiglaciaire	Tourbe, Périglaetion, limon récent
	Würm	et sables de «drift». Basse terrasse.
	Interglaciaire Riss-Würm	Eemien.
	Riss { Stade II	Limon ancien. Moyenne terrasse.
	Interstade	(Transgression à <i>Cardium edule</i>).
PLÉISTOCÈNE INFÉRIEUR	Stade I	Haute terrasse (cône alluvial de la Meuse).
	(± 200,000 ans)	
PLÉISTOCÈNE INFÉRIEUR	Interglaciaire Mindel-Riss	Fin de la formation de la terrasse de plateau (<i>Onx</i> , etc.). (depuis l'Oligocène en Haute-Belgique)
	Mindel	(depuis le Pliocène en Basse-Belgique)
	Interglaciaire Günz-Mindel	Argile de la Campine
	Günz	Sable de Mol (<i>pro parte</i>)
	(± 600,000 ans)	

La subdivision en Pléistocène inférieur et supérieur est basée sur l'évolution du réseau fluvial, telle qu'elle ressort de l'étude des dépôts. Au cours du Pléistocène inférieur s'est achevée la formation d'une pénéplaine en Haute-Belgique, caractérisée par des dépôts résiduaires (*Onx*) (zone d'érosion), tandis qu'en Basse-Belgique (Campine) se sont déposées des formations estuariennes et fluviatiles (Sables de Mol et Argiles de la Campine), passant au Nord-Ouest à des dépôts marins (zone d'accumulation). L'hydrographie du Pléistocène inférieur apparaît totalement différente de l'hydrographie actuelle, qui fut ébauchée à la suite d'oscillations du sol qu'on peut situer vers le début de la période rissienne (phase walachienne de H. STILLE). C'est donc au Pléistocène supérieur que nos rivières actuelles ont connu leur évolution, tout au moins en Basse-Belgique.

B. — L'Holocène.

Pour l'Holocène, correspondant au postglaciaire, nous employons la terminologie proposée par BLYTT & SERNANDER et

basée sur l'évolution de la flore en relation avec les changements de climat. Cette classification est la suivante :

- Subatlantique (climat tempéré et humide),
- Subboréal (climat relativement chaud et sec),
- Atlantique (climat relativement chaud et humide),
- Boréal (climat chaud et sec),
- Préboréal (climat de steppe),
- Subarctique (climat de toundra).

Le retrait des glaciers würmiens s'étant opéré par stades successifs, la limite entre l'Holocène et le Pléistocène est difficile à préciser. Pour des raisons stratigraphiques (⁴) on range généralement dans le Pléistocène le subarctique et le préboréal sous le nom de tardiglaciaire.

D'après cette définition l'Holocène débute donc par la période boréale et comprend les termes suivants (voir page 111).

Pendant la période boréale, l'Angleterre était donc reliée au continent; les tourbes draguées au Doggerbank (cote — 42 m) en témoignent : leur flore est d'âges préboréal et boréal. On trouve également un niveau tourbeux, connu sous le nom de « veen op grootere diepte » (tourbe profonde), à la base des dépôts marins postglaciaires de la plaine maritime; aux Pays-Bas c'est le Iov de la Carte géologique; en Allemagne c'est le « Basis Torf ».

Elle repose sur des sédiments nettement plus anciens : sables de la basse-terrasse, eemien, moraine de fond, icénien, etc. L'analyse paléobotanique, effectuée par VERMEER-LOUMAN aux Pays-Bas et par F. OVERBECK (⁵), ERDTMAN et BRINKMAN et d'autres en Allemagne, a montré que l'âge de cette tourbe n'est pas constant, la zone où ce dépôt se formait ayant reculé au cours des temps devant l'invasion marine flandrienne. Dans les régions les plus orientales de la plaine maritime, cette « tourbe profonde », tout en reposant sur des sédiments plus anciens, forme toujours la base des dépôts marins, quoique

(⁴) Le début du boréal coïncide avec le sommet des couches supérieures à *Yoldia* et avec la formation du Lac à *Ancylus*, correspondant sensiblement à l'établissement de la deuxième grande moraine terminale (Seljausselka II). C'est également la période où la végétation périglaciaire disparaît définitivement pour faire place à des forêts à feuilles caduques. Le préboréal correspond alors aux argiles à *Saxifraga* et *Zirphaea*, et le subarctique avec la transgression à *Yoldia*.

(⁵) Voir K. GRIPP, F. DEWERS et F. OVERBECK.

TABLEAU II. — Holocène.

HOLOCÈNE SUPÉRIEUR	+ 1000 -	Subatlantique.	<i>Transgression dunkerquoise</i>	{ Argile et Sables supérieurs des Polders, alluvions récentes. Horizon de Weber (?). Formation de la tourbe de surface.
	0 -	Subboréal	<i>Arrêt du mouvement positif</i>	
	- 1000 -			
	- 2000 -			
	- 3000 -	Atlantique.	<i>Transgression flandrienne</i>	
	-- 4000 -			
	-- 5000 -			(Formation du Pas-de-Calais).
HOLOCÈNE INFÉRIEUR	- 6000 -			
	- 7000 -	Boréal	<i>Niveau de la mer très bas</i>	{ Tourbe de grande profondeur (<i>pro parte</i>). Sable éoliens sur le tardiglaciaire Creusement des vallées holocènes.
	- 8000 -			
	- 9000 -			(Angleterre reliée au continent).

son âge soit déjà atlantique. C'est d'ailleurs grâce à l'étude de cette tourbe de base qu'on a pu préciser que cette transgression s'est produite du boréal à l'Atlantique, une période dont la durée est estimée à environ 7.000 ans, d'après la chronologie établie en Suède par DE GEER. La figure 1 rend compte de ces faits.

On remarquera que dans la région orientale de la plaine maritime, cette « tourbe profonde » se relie à la tourbe de surface. Les géologues néerlandais ont, à la suite de LORIÉ, considéré la tourbe profonde comme base de l'Holocène.

Dans la plaine maritime belge, de même qu'en Zélande, la situation est légèrement différente. Le niveau de tourbe profonde est moins constant en raison de son allure lenticulaire; il n'a pas été considéré comme niveau de repère. En outre, il

repose sur des sédiments marins ou estuariens (assise d'Ostende) qu'on a considérés, d'après leur faune, comme du « flandrien » (RUTOT, DUBOIS); ces sédiments, de même que les sables surmontant la tourbe profonde (assise de Calais), appartiendraient à un même cycle de remblaiement : la transgression flandrienne. La figure 2 montre les relations qui existent entre les différentes assises du flandrien de la plaine maritime belge.

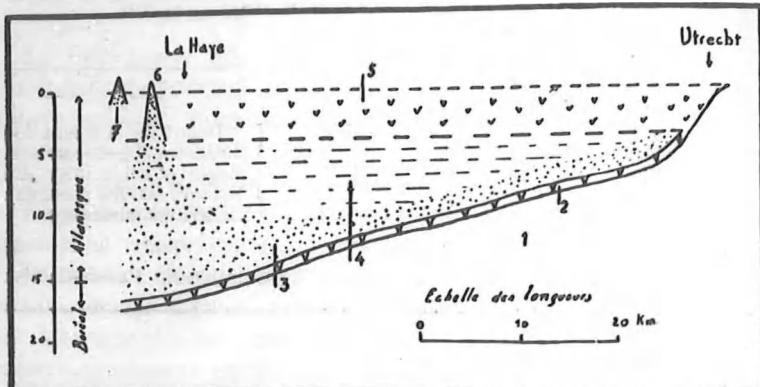


FIG. 1. — Coupe schématique de la plaine maritime des Pays-Bas.

1. Sédiments inférieurs à la tourbe profonde; 2. Tourbe profonde (l'allure de cette couche est déduite de la carte par courbes de niveau de F. FABER); 3. Sable inférieur des polders (oud zeezand); 4. Argile inférieure des polders (oude zeeklei); 5. Tourbe de surface; 6. Dunes anciennes; 7. Dunes récentes.

IV. — POSITION STRATIGRAPHIQUE DE L'ASSISE D'OSTENDE.

En comparant la structure de la plaine maritime en Hollande (fig. 1) et en Belgique (fig. 2), on constatera que les dépôts du « cycle flandrien » débutent en Belgique à une cote notablement plus basse (-35) qu'en Hollande (de -15 à -20 m.).

C'est au grand sondage d'Ostende qu'on a établi pour la première fois la succession complète de ces couches. G. DOLLFUS (1884) y a reconnu les termes suivants :

3. Moderne (correspondant approximativement aux assises de Dunkerque et de Calais).
2. Quaternaire supérieur (zone limoneuse).
1. Quaternaire inférieur (sables marins avec *Corbicula fluminalis*).

A. RUTOT (1897) n'accepte cependant pas cette subdivision.

L'argile supérieure des Polders et la tourbe de surface sont considérées comme « modernes », tandis que les couches de base, les couches limoneuses et la partie inférieure des sables qualifiés de modernes par G. DOLLFUS constituent le « flandrien ».

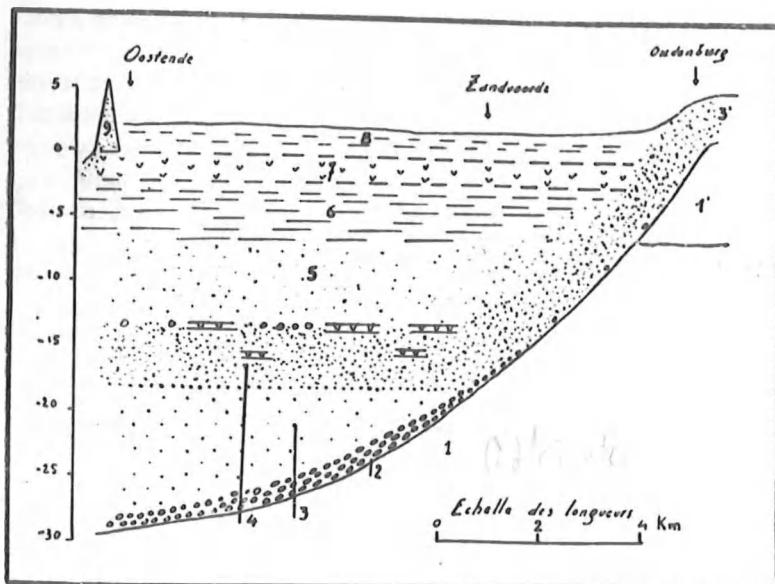


FIG. 2. — Coupe schématique de la plaine maritime belge.

1 et 1'. Tertiaire (respectivement Yprésien et Panisélien); 2. Zone graveleuse importante formant la base des dépôts quaternaires dans les parties profondes de la plaine maritime belge; 3. Sables marins et estuariens (sable d'Ostende de l'assise d'Ostende); 3'. Sables de couverture en dehors de la plaine maritime avec cailloux épars à la base (drift); 4. Couches de passages sablo-limoneuses, avec zones tourbeuses ou graveleuses, se rattachant au drift en dehors de la plaine maritime (sable de Leffinghe de l'assise d'Ostende); 5 et 6. Respectivement sables inférieurs des polders (sables pissards) et argile inférieure des polders formant l'assise de Calais; 7. Tourbe de surface (gallo-romaine); 8. Sables et argiles supérieurs des polders post-gallo-romains (assise de Dunkerque); 9. Dunes actuelles, qui, à Ostende, se sont formées au-dessus de la tourbe de surface par suite de la régression de la côte, les dunes anciennes (internes) n'étant pas conservées au Sud de l'estuaire de l'Yser.

RUTOT ne tient pas compte des différences fauniques, qu'il semble attribuer à de simples variations de facies.

J. LORIÉ (1903) synchronise le flandrien avec l'eenien en se basant sur la similitude de la position stratigraphique et sur certaines analogies fauniques, notamment la présence de *Tapes virgineus*, fossile rencontré au sondage de Flessingue dans les

dépôts de l'assise d'Ostende et que l'on considère comme caractéristique de l'eemien.

Cette synchronisation, reprise par A. BRUNET en 1908, fut, encore la même année, infirmée par NORDMANN, qui soumit à révision les faunes provenant des dépôts de l'assise d'Ostende recueillies aux sondages de Flessingue, de Leffinghe et de Petit-Crocodile (⁶). Pour NORDMANN, *Tapes aureus*, var. *eemensis* (*Tapes senescens*), serait remanié : l'ensemble de la faune de l'assise d'Ostende, tout en présentant les caractères d'un climat tempéré, serait d'âge plus récent que l'Eemien typique. Ajoutons qu'à la base de l'assise d'Ostende, notamment à Coquelles, on a rencontré *Elephas primigenius*, fossile de la dernière glaciation.

G. DUBOIS (1923) considère les assises d'Ostende, de Calais et de Dunkerque comme des dépôts d'un cycle unique : le Flandrien. Cependant, A. HACQUAERT (1931) et F. HALET (1931) n'admettent pas cette manière de voir et continuent à considérer l'assise de Dunkerque, comprenant l'argile supérieure des polders et la tourbe de surface, comme holocène (moderne), les assises de Calais et d'Ostende étant rangées dans le Flandrien, celui-ci étant considéré, d'accord avec la légende de la Carte géologique, comme pléistocène supérieur. En outre, F. HALET publia de nombreuses descriptions de sondages d'où il ressort clairement qu'entre les assises d'Ostende et de Calais existe généralement une zone limoneuse, souvent tourbeuse, voire de la tourbe. A ce même niveau il signale la présence plus ou moins constante d'un gravier à petits éléments et même, en quelques endroits, de coquilles d'eau douce (*Planorbis*). HALET fait en outre remarquer que *Corbicula fluminalis* ne se trouve pas uniquement dans les couches graveleuses de la base de l'assise d'Ostende.

DUBOIS avait signalé la présence de *Betula nana* dans la tourbe profonde à Coquelles (qui surmonte l'assise d'Ostende); en Zélande, F. FLORSCHÜTZ (⁷) trouva également une couche de

(⁶) M. MOURLON, dans son travail « Mers quaternaires en Belgique » (1896), avait déjà publié la faune de l'assise d'Ostende provenant du sondage de Petit-Crocodile, d'après les déterminations de M. VINCENT.

(⁷) D'après F. FABER, *Nederlandsche Landschappen*, 1942, p. 121; « ... ook onder Zeeuwsch-Vlaanderen en elders werd nog een oudere veenlaag aangetoond, die Florschütz een laatglaciale ouderdom toekent. » ... « De zanden, waarin dit veen o. a. in Zeeuwsch-Vlaanderen

tourbe targiglaciaire, avec en outre *Dryas octopetala* au sommet des sables qu'on attribue à l'assise d'Ostende.

A. CAILLEUX, dans son mémoire : « Actions périglaciaires en Europe », signale vers le haut de l'assise d'Ostende, au sondage de Petit-Crocodile (Oost-Dunkerque), l'existence d'une zone à la profondeur de — 18 m, où le pourcentage des grains éoliens est très élevé (50 %). Plus haut, à travers les assises marines de Calais et de Dunkerque, ce pourcentage s'abaisse graduellement : 40 % vers la cote — 10; 35 % vers — 4,25; 25 % à + 2 et 20 % à + 5 m. Il semble donc bien qu'une importante action éolienne se soit exercée à la fin du dépôt de l'assise d'Ostende.

De toutes ces observations il ressort qu'il est impossible que l'assise d'Ostende appartienne au cycle flandrien postglaciaire. En effet, nous savons que cette transgression à Littorines n'a atteint nos régions qu'à partir du boréal et de l'Atlantique : ceci ressort des analyses paléobotaniques de VERMEER-LOUMAN, ERDTMAN, OVERBECK, BRINKMANN, e.a. Ainsi la tourbe du Doggerbank, draguée à 40 m sous le niveau de la mer, appartient, d'après ERDTMAN (1924, 1925), à la transition du préboréal (\pm 8.000 à 7.000 ans avant J.-C.), comme il ressort de la prédominance de *Betula* et de *Pinus*, accompagnés d'*Ulmus*, *Quercus*, *Corylus*, etc. Au début du boréal, la mer du Nord était encore à un niveau de 40 m plus bas qu'actuellement. Aux Pays-Bas, la mer atteint seulement la cote — 15 (N.A.P.) vers la fin du boréal; en pleine époque boréale le niveau de la mer était encore à la cote — 20. De même, en Allemagne, la tourbe profonde (Basistorf) se développait encore pendant la période boréale à des profondeurs de 20 m au-dessous du niveau actuel des basses mers.

D'autre part, comme l'étude paléontologique de NORDMANN semble exclure un âge eemien, nous sommes amené à envisager l'assise d'Ostende comme un dépôt interstadial du Würmien.

Différents auteurs ont d'ailleurs reconnu l'existence de plu-

voorkomt, worden daarom ook tot het I_n gebracht; vroeger werden deze als Diluvium gekarteerd. Het zijn hier fijnkorrelige zanden met eenig schelpgruis en blijkbaar in brakwater of een waddenzee afgezet. Verder naar het zuiden gaat de mariene facies in een landfacies over. »

sieurs phases pendant la glaciation würmienne dans le Nord de l'Allemagne :

3. Stade de Poméranie (Würm III);
Interstade masurien;
(Würm II-III).
2. Stade de Francfort (Würm II);
Interstade de Twenthe;
(Würm I-II).
1. Stade de Brandebourg (Würm I).

FLORSCHÜTZ a mis en évidence l'existence d'un interstade würmien par l'analyse pollinique des tourbières de la Drente et des Hautes Fagnes belges.

Les données dont nous disposons ne nous permettent pas de préciser auquel des interstadés ci-dessus il faut rapporter l'assise d'Ostende.

V. — LE REMBLAITEMENT DES VALLÉES.

Parallèlement à l'évolution de la plaine maritime s'est effectué le remblaiement du fond des vallées. On admet généralement (voir J. CORNET, 1927) que le limon alluvial supérieur et la tourbe de surface correspondent à l'assise de Dunkerque et sont holocènes. Sous la tourbe existent des sables dits « flandrien du fond des vallées », considérés comme le pendant des assises de Calais et d'Ostende. Ces dépôts passeraient latéralement en dehors des vallées à des limons et des sables. La figure 3 représente cette interprétation.

D'une manière analogue à ce qui s'observe dans la plaine maritime, on trouve, dans les parties les plus profondes des thalwegs, *Corbicula fluminalis*, souvent très abondante (Templeuve, Escanaffles, Sint Denijs-Westrem, Gand, Sint Martens-Leerne). En outre, on y a signalé à maintes reprises la présence de *Cardium edule*. Cette zone est surmontée par un niveau souvent très limoneux, parfois avec tourbe et dans lequel on peut trouver des coquilles terrestres, telles que *Pupilla muscorum*, *Succinea oblonga*, *Helix hispida*.

A Antoing, BAUDET a signalé la présence d'*Elephas primigenius* dans cette couche, dont il fait remarquer les caractères fluvi-éoliens.

Au-dessus de cette zone reposent les sables correspondant à

l'assise de Calais. Ils sont riches en coquilles d'eau douce telles que *Bithynia*, *Planorbis*, *Sphaerium*, *Pisidium*, etc. et contiennent parfois des ossements de mammifères. Suivent alors la tourbe et les alluvions récentes de l'assise de Dunkerque (*).

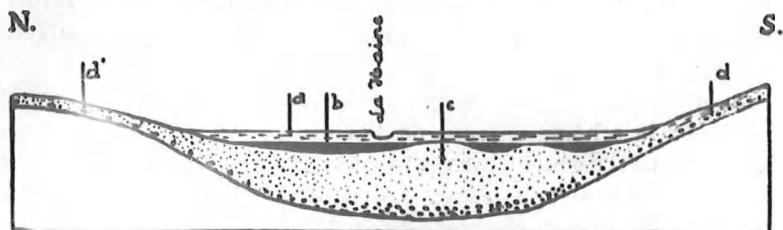


FIG. 3. — Coupe schématique des dépôts holocènes et pléistocènes du fond de la vallée de la Haine, à l'Ouest de Mons, d'après J. CORNET (1927): a) limon alluvial; b) tourbe (base de l'Holocène); c) sables et cailloux pléistocènes du fond de la vallée; d) limons pléistocènes récents du versant sud de la vallée; d') sables pléistocènes du versant nord.

Sans échelle.

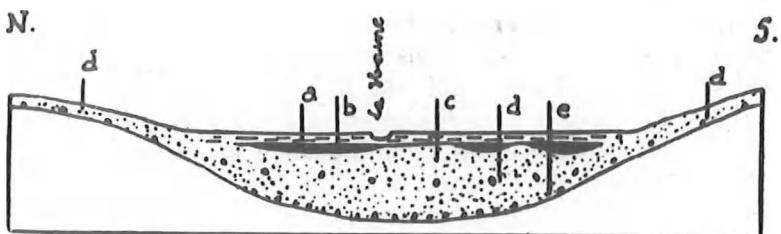


FIG. 4. — Coupe schématique des dépôts holocènes et pléistocènes d'une vallée où la succession des couches est complète, et que nous supposons être la vallée de la Haine, d'après la nouvelle interprétation (1946): a) limon alluvial (=assise de Dunkerque); b) tourbe (=tourbe de surface de la plaine maritime); c) sables inférieurs des vallées (=sables pissards de l'assise de Calais de la plaine maritime); d) zone graveleuse, base de sables inférieurs des vallées, reposant parfois sur des niveaux tourbeux, et une zone sablo-limoneuse se raccordant aux sables et limons des versants et attribuée au tardiglaciaire; e) alluvions des fonds des vallées avec *Corbicula fluminalis* (=l'assise d'Ostende de la plaine maritime). L'épaisseur de cette zone est fortement exagérée. — Sans échelle.

Faisons remarquer que cette série est quelquefois incomplète, tantôt par le bas, tantôt par le haut. A Anvers, par exemple, l'assise d'Ostende fait défaut, tandis que dans la Vallée fla-

(*) Récemment VAN HOORNE vient de publier une analyse pollinique de la tourbe de surface de la vallée de l'Escaut à Hensden..

mande cette seule assise est représentée. Sa zone supérieure, sablo-limoneuse, y atteint une forte épaisseur et correspond au tardiglaciaire; elle comprend des sables de « drift » avec cailloux éolisés, de la tourbe affectée de dislocations périglaciaires⁽⁹⁾. Le tout est généralement recouvert d'une mince nappe de sable éolien (« stuifzanden ») d'âge boréal, non affecté de cryoturbations.

A la lumière de ces nouvelles données, nous pensons pouvoir proposer le schéma suivant de l'évolution du bas Escaut :

Lors du creusement maximum des vallées, antérieurement à l'assise d'Ostende, le réseau hydrographique de l'Escaut avait son exutoire par le thalweg de la Vallée flamande. Par suite de la transgression interstadiale würmienne se sont déposés : dans la plaine maritime, les sédiments de l'assise d'Ostende, et au fond des vallées, les dépôts fluviatiles et estuariens à *Cardium edule* et à *Corbicula fluminalis*. La figure 5 donne l'existence de ces dépôts telle quelle est reconnue actuellement par les sondages.

Après cet interstade, la recrudescence du froid a donné naissance à d'importantes actions périglaciaires (snowdrift, solifluction, cryoturbation) qui ont favorisé le comblement des vallées. Par suite des conditions climatériques, le sous-sol était gelé en permanence et les rivières avaient un régime tout différent de celui de l'époque actuelle; elles étaient à proprement parler inexistantes et les vallées ont été comblées en grande partie par le « drift » périglaciaire. Ainsi l'exutoire d'Eecloo a-t-il été complètement remblayé. Vers l'époque boréale, le sous-sol gelé (tjäle) disparut définitivement et l'eau retenue en surface et dans le sol fut libérée et façonna de nouveaux thalwegs, le plus souvent dans l'axe des anciennes vallées, quelquefois cependant en dehors de celles-ci. Tel fut le cas pour l'Escaut aux environs de Gand et surtout à Anvers. Le relèvement du niveau de la mer qui suivit (transgression flandrienne) provoqua le dépôt de l'assise de Calais (plaine maritime) et de son correspondant dans les vallées.

A la fin de la transgression flandrienne la tourbe de surface se développa à partir du néolithique jusqu'à l'époque gallo-romaine; les inondations dunkerquiennes ont provoqué le dépôt des alluvions récentes et de l'argile supérieure des polders. Les

(9) F. STOCKMANS a étudié la tourbe périglaciaire d'Aalter; il y trouva une prédominance de *Pinus* et *Betula*.

transgressions flandrienne et dunkerquienne ont provoqué localement le colmatage complet des thalwegs façonnés au boréal; des alluvions récentes ont même débordé, soit sur les sables

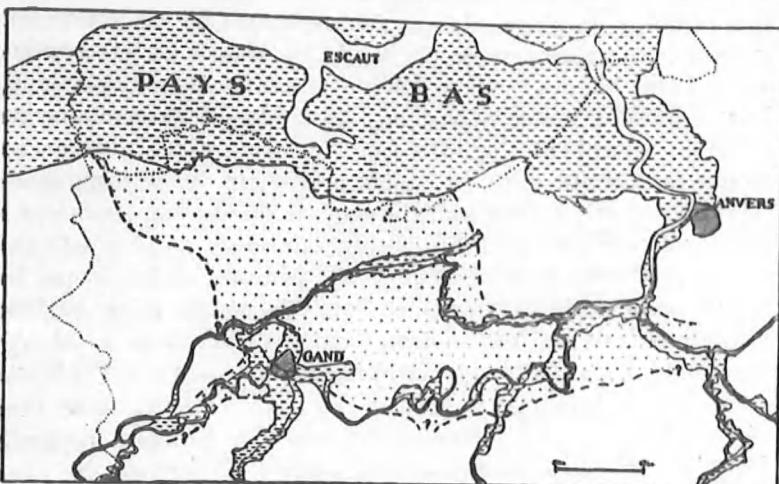


FIG. 5. — Esquisse cartographique donnant l'extension des dépôts fluviatiles et estuariens correspondant à l'assise d'Ostende, telle qu'elle est connue actuellement par les sondages.

Les alluvions récentes sont marquées par des traits interrompus. Les dépôts interstadiaires (= assise d'Ostende) en pointillé là où ils ne sont pas couverts par des alluvions récentes.

éoliens du boréal, soit sur le tardiglaciaire, soit sur le substratum tertiaire. Tel est notamment le cas sur la rive droite de l'Escaut à Anvers (dépôts modernes sur le tertiaire) et sur la rive droite de l'Escaut à Zwijsnaarde et à Melle (dépôts modernes sur le boréal et le tardiglaciaire).

VI. — SIGNIFICATION STRATIGRAPHIQUE DE CORBICULA FLUMINALIS.

Corbicula fluminalis a été signalée à maintes reprises dans le Quaternaire de la Belgique. Elle fut reconnue pour la première fois par G. VINCENT dans le sous-sol de Gand; G. DOLLFUS la rencontra au sondage d'Ostende et la considéra comme caractéristique d'un climat chaud. Depuis lors elle a été signalée à Coquelles, à Oost-Duinkerke, à Westkappelle dans la plaine maritime; à Gand, à Hofstade, à Sint Denijs-Westrem, à Termonde, à Templeuve, à Escanaffles, etc. (MOURLON, RUTOT,

DELVAUX et HALET). En outre, dans les archives du Service géologique de Belgique, on trouve de nombreux renseignements sur des gisements de ce fossile, soit dans la plaine maritime, soit dans les vallées, soit dans la Vallée flamande. Au total, une centaine de gisements ont été reconnus. En de nombreux endroits, les spécimens de *Corbicula fluminalis* ont été retrouvés à l'état bivalve, sans traces de remaniements. Cependant, TESCH, dans un mémoire paru en 1924 et plus récemment encore en 1942, a exprimé l'opinion que *Corbicula fluminalis* ne se trouve *in situ* que dans les dépôts prérisiens (pléistocène inférieur) et serait à l'état remanié dans le pléistocène supérieur : les dépôts eemien de l'Europe septentrionale n'ont d'ailleurs pas livré *Corbicula fluminalis*. Nous pensons toutefois que le grand nombre de gisements et l'état de conservation parfois remarquable de ces fossiles dans l'assise d'Ostende et les dépôts des fonds des vallées qui y correspondent justifient l'opinion qu'ils se sont encore maintenus ou sont revenus dans nos régions bien après l'extension maxima des glaciers (rissien), jusqu'au würmien, et notamment jusqu'à l'interstade de l'assise d'Ostende. D'autre part, quoique depuis DOLLFUS et RUTOT on admette généralement que *Corbicula fluminalis* est une espèce caractéristique d'un climat chaud, DUBOIS la considère comme eurytherme (¹⁰). Il n'est d'ailleurs pas impossible, comme HALET l'a fait remarquer, que cette espèce soit polymorphe.

D'autre part, ALIMEN a signalé que dans la vallée de l'Oise, la « basse terrasse » présente deux niveaux, dont le plus ancien, à faune tempérée, est noyé sous des sédiments plus récents, à faune froide, et renferme lui aussi *Corbicula fluminalis*. Dans la vallée de la Somme, c'est dans les sables de Menchecourt, assimilés à la haute-basse terrasse, et atteignant le niveau de 10 m, qu'on a trouvé *Corbicula fluminalis*. Ces données sont en accord avec notre interprétation.

Les tableaux III et IV résument les interprétations des différents auteurs relatives à l'âge des dépôts de la plaine maritime belge et de la « Vallée flamande ». Pour la plaine maritime belge, nous avons pris le sondage d'Ostende comme exemple.

(¹⁰) *Corbicula fluminalis* vit actuellement dans les eaux du Nil et de l'Euphrate, en Afrique du Sud et en Chine, mais d'après G. Dubois cette espèce aurait été récoltée en Sibérie (Omsk, région de l'Oblast) en même temps qu'*Elephas primigenius* et *Rhinoceros tichorinus*, qui sont eux-mêmes associés à des éléments de toundra.

TABLEAU III. — Plaine maritime belge.

	G. DOLLFUS, 1884	A. RUTOT, 1897	G. DUBOIS, 1924	F. HALET, 1931	R. TAVERNIER, 1946
0	Remblai	“ Moderne ”	“ Flandrien sup. ” (Assise de Dunkerque) (Post-gallo-romaine)	“ Moderne ”	Argile supérieure de Polders
- 5	Argile supérieure et Tourbe	“ Moderne ”	“ Flandrien moyen ” (Assise de Calais)	Argile supérieure et Tourbe	Tourbe de surface
- 10	“ Quaternaire supérieur ”	“ Flandrien marin ”	Sables pissards	Assise de Calais (sables pissards)	Assise de Calais (Holocène)
- 15	Corbicula fluminalis	avec	“ Flandrien inférieur ” (Assise d'Ostende)	Couches de passages sablo-limoneuses avec zones tourbeuses ou graveleuses	Zone sablo-limoneuse et niveau de tourbe profonde (Tardiglaciaire)
- 20		à la base	A. Sable de Lefflingue (niveau de la Tourbe de Coquelles)		Assise d'Ostende
- 25	“ Quaternaire inférieur ”		B. Sable d'Ostende	Assise d'Ostende	à Corbicula fluminalis (Interstadiaire)
- 30	Sable marin avec Corbicula fluminalis				Würm
- 35					

TABLEAU IV. — Vallée flamande.

A. RUTOT 1897	F. HALET 1922	R. TAVERNIER 1946
Flandrien	Pléistocène	Sable éolian
marin	Flandrien	boréal et récent
fossilifère	fluvi-	à la surface
à la	éolian	
base	vers le	Dépôts de
	haut	“ drift ” du
(<i>Cardium</i>		Tardiglaciaire
<i>edule</i>	et	et
et <i>Corbicula</i>	fluviatile	sable fluviatile
<i>fluminatis</i>)	à la	et estuaire
	base	à la base
		(Interstadiaire
		Würm)

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE.

- BAUDET, J., Présence d'*Elphas primigenius* et d'industries humaines dans les sédiments pléistocènes et holocènes dans la vallée de l'Escaut à Antoing (*Bull. Soc. belge de Géol.*, t. LII, 1943, pp. 193-199).
- BLANCHARD, R., La Flandre. Etude géographique de la plaine flamande en France, Belgique et Hollande, Lille, 1906. Thèse.
- BRINKMANN, P., Zur Geschichte der Moore, Marschen und Wälder Nordwestdeutschlands, III. Das Gebiet der Jade (*Bot. Jahrbücher*, t. LXVI, pp. 369-445).
- BRIQUET, A., Contribution à l'étude des origines du réseau hydrographique du Nord de la Belgique (*Bull. Soc. belge de Géol.*, t. XX, 1906, Mém., pp. 71-78, 5 fig., Bruxelles, 1906).
- (2), Le littoral du Nord de la France et son évolution morphologique, Paris, 1930.
- CAILLEUX, A., Les actions périglaciaires en Europe (*Mém. Soc. géol. de France*, nouvelle série, t. XXI, n° 46, 176 p., 5 pl., Paris, 1942).
- CAMBIER, E., Étude sur les transformations de l'Escaut et de ses affluents au Nord de Gand pendant la période historique (*Bull. Soc. roy. belge de Géogr.*, t. XXXI, 1907, pp. 40-91, 126-170, 252-288 et 349-370).
- CORNÉT, J., Études sur l'évolution des rivières belges (*Ann. Soc. géol. de Belg.*, t. XXXI, 1904, Mém., pp. 261-500).
- (2), Leçons de Géologie, Bruxelles, 1927.

- + CROMMELIN, R.-D., Sediment-petrologische onderzoeken. IV. Sediment-petrologische onderzoeken in Midden-Nederland, in het bijzonder van het jong-Pleistoceen (*Meded. Landbouwhoogeschool Wageningen*, t. XLII, nr 2, 1938).
- + DAVID, F., Recherches sur le cours primitif de l'Escaut (*Bull. Acad. roy. de Belg.*, 1^{re} sér., t. XVI, 1849, pp. 257-282 et t. XIX, 1852, pp. 649-679).
- + DELVAUX, E., Coup d'œil sur la constitution géologique de la colline Saint-Pierre et sur les alluvions qui forment le substratum de la ville de Gand (*Ann. Soc. Malac. de Belg.*, t. XVIII, Mém., pp. 5-32).
- + DE ROECK, M., Het land van Waas en Boom. Bijdrage tot de Landstreken-geographie van België (met 7 kaarten, 9 figuren en 7 platen (*Tijdschr. Belg. Ver. Aardr. Studies*, t. XI, 1941, pp. 33-234).
- + D'HONDT, J., Het ontstaan van het Graafschap Vlaanderen, Brussel, 1943, Koninkl. Kommissie voor Geschiedenis.
- + DOLIFUS, G., Le terrain quaternaire d'Ostende et le *Corbicula fluminalis* (*Ann. Soc. Malac. de Belg.*, t. XIX, 1884, Mém., pp. 28-54, 1 fig., 2 pl.).
- + DUBOIS, G., Recherches sur les terrains quaternaires du Nord de la France (Mém. Soc. géol. du Nord, t. VIII, 353 p., 4 pl., Lille, 1924).
- + EDELMAN, C. H. & CROMMELIN, R. D., Ueber die periglaziale Natur des Jungpleistozäns in den Niederlanden (*Abh. Nat. Ver. Bremen*, t. XXXI, pp. 307-318).
- + EDELMAN, C. H., FLORSCHÜTZ, F. & JESWIET, J., Ueber spätpleistozäne und fröhholozäne kryoturbate Ablagerungen in den östlichen Niederlanden (*Verh. Geol. Mtnb. Gen., Geol. Ser.*, t. XI, 1936, pp. 301-336, 2 fig., 6 pl.).
- + EDELMAN, C. H. & TAVERNIER, R., Periglaziale verschijnseln, meer in het bijzonder in de Antwerpse Kempen (*Natuurw. Tijdschr.*, t. XXII, pp. 139-153, 2 fig., 4 pl.).
- + ERDTMAN, G., Moorlog from the Doger Bank (*Geol. För. Förh.*, t. XXXXVI, 1924).
- + — (2), Some micro-analysis of the moorlog from the Dogger Bank (*The Essex Naturalist.*, t. XXI, pp. 107-112, 1925).
- + — (3), Notes on Pollen-Statistics (submerged peat dredged near Wangeroog and Wilhelmshaven) (*Svensk. bot. Tidskr.*, t. XXI, 1927).
- + FABER, F., Nederlandsche Landschappen, Gorinchen, 1942, 400 p., 152 fig.
- + FLORSCHÜTZ, F., Periglaziale Torf- und Flugsandbildungen in den Niederlanden als Folge eines dauerenden Frostbodens (*Abh. Nat. Ver. Bremen*, t. XXXI, 1939).
- + FLORSCHÜTZ, F. & VAN OYE, E., Recherches analytiques de pollen dans la région des Hautes-Fagnes belges (*Biol. Jaarboek*, t. VI, 1939, pp. 227-234, 1 carte, 2 diagr.).
- + GOSSELET, F., Le cours de l'Escaut à travers les âges géologiques (*Mouvement géographique*, 1897, n° 15, 17 et 18).
- + GRIPP, K., DEWERS, F. & OVERBECK, F., Das Känozoikum in Niedersachsen, Oldenburg, 1941, 503 p., 216 fig., 1 pl.
- + HACQUAERT, A., De geologische geschiedenis van onze Kust (*Botan. Jaarb.*, t. XXII, 1930, pp. 105-118, 4 fig., 2 pl.).

- + HALET, F., Le Quaternaire dans le Nord de la Flandre belge (*Bull. Soc. belge de Géol.*, t. XXXII, 1922, pp. 152-162, 1 fig.).
- + — (2), Contribution à l'étude du Quaternaire de la plaine maritime belge (*Ibid.*, t. XLI, 1931, pp. 141-166).
- + — (3), Coupe géologique des terrains que traversera le grand tunnel creusé sous l'Escaut à Anvers (*Ibid.*, t. XLI, 1931, pp. 169-180, 2 fig., 1 pl.).
- + — (4), Sur la présence du Bartonien et du Lédien à Westcappelle (*Ibid.*, t. XLIII, 1933, p. 86).
- + — (5), Sur la présence de couches à *Corbicula fluminalis* MULLER aux environs de Saint-Denis-Westrem (*Ibid.*, t. XLIII, pp. 111-116).
- + — (6), Sur la Géologie de la vallée du Rupel (*Ibid.*, t. XLVI, 1936, pp. 190-194).
- + — (7), Sur la Géologie de la vallée de l'Escaut à Tamise (*Ibid.*, t. XLVII, 1937, pp. 356-362).
- + — (8), Sur la présence de *Corbicula fluminalis* près de Templeuve (*Ibid.*, t. XLVIII, 1938, pp. 577-578).
- + — (9), Sur la présence de *Corbicula fluminalis* dans le Pléistocène des environs d'Escanaffles (*Ibid.*, t. LXIX, 1939, pp. 233-234).
- + HASSE, G., Les Schijns et l'Escaut primitifs d'Anvers. *Bull. Soc. belge de Géol.*, t. XXIV, 1910, Mém., pp. 439-451.
- + — (2), Un problème géologique et historique dans le polder d'Ettenhove près d'Anvers (*Bull. Soc. belge de Géol.*, t. XXI, 1921, pp. 18-21).
- + LERICHE, M., Sur la Géologie du Meetjesland (*Bull. Soc. belge de Géol.*, t. XXXIX, 1929, pp. 159-163).
- + JOLEAUD, L. et ALIMEN, H., Les temps préhistoriques, Paris, 1945, 246 p., 17 fig.
- + LEFÈVRE, M., Le problème de l'origine du réseau hydrographique de l'Escaut (*Bull. Soc. belge Et. Géogr.*, t. I, 1931, pp. 27-35).
- + — (2), La plaine flamande. Mél. géogr. offerts à R. Blanchard. Grenoble, 1932, Institut de Géographie alpine, pp. 337-351.
- + — (3), Notice sur la carte orohydrographique de Belgique, Et. Brepols, Turnhout, 1937, III. Commentaire de la Carte.
- + LORIE, J., Contributions à la Géologie des Pays-Bas. VII. Les métamorphoses de l'Escaut et de la Meuse (*Bull. Soc. belge de Géol.*, t. IX, 1895, pp. 50-77, 2 cartes).
- + — (2), Sondages en Zélande et en Brabant (*Ibid.*, t. XVII, 1903, pp. 203-158).
- + — (3), Le diluvium de l'Escaut (*Ibid.*, t. XXIV, 1910, Mém., pp. 335-413, pl. XVII-XVIII).
- + MADSEN, V., NORDMANN, V. & HARTZ, N., Eem-Zone (*Danm. Geol. Undersögelse*, n° 17, 1908, 302 p., 31 fig.).
- + MARCHAL (Chevaller), Notice sur le canal de Gand à Selzaete et sur le delta de l'Escaut (*Bull. Acad. roy. de Belg.*, t. XVI, n° 12, 26 p.).
- + MOURLON, M., Les mers quaternaires en Belgique (*Bull. Acad. roy. de Belg.*, 3^e sér., t. XXXII, 1896, pp. 671-711).
- + — (2), Découverte d'un dépôt quaternaire campinien avec faune de Mamouth et débris de végétaux dans les profonds déblais d'Hofstade, à l'Est de Sempst (*Ibid.*, 3^e sér., t. XXXV, 1909, pp. 427-434, 1 fig.).

- † POPPE, W., Ontwikkeling van de morphologische ruimten in beboscht Vlaanderen en het Geentsche Houtland (*Natuurw. Tijdschr.*, t. XXV, Gand, 1943, pp. 138-149).
- † RUTOT, A., Le régime fluvial de la Belgique aux temps quaternaires (*Mouvement géogr.*, 1897, in-4°).
- † — (2), Les origines du Quaternaire de la Belgique (*Bull. Soc. belge de Géol.*, t. XI, 1897, Mém., pp. 1-140, 1 carte au 1/400.000).
- † — (3), Note sur la position stratigraphique de la *Corbicula fluminalis* dans les couches quaternaires du bassin anglo-franco-belge (*Ibid.*, t. XIV, 1900, Mém., pp. 1-24, 7 fig.).
- ♦ STEVENS, CH., Le relief de la Belgique (*Mém. Inst. Géol. Univ. Louvain*, t. XII, 1938. Texte et Atlas).
- ♦ STOCKMANS, F., Présence de *Pinus montana* dans la tourbe d'Alster (Belgique) (*Bull. Mus. roy. Hist. nat. Belg.*, t. XXI, n° 20, 1945, 8 p.).
- ♦ TAVERNIER, R., De Kwartaire afzettingen van België (*Natuurw. Tijdschr.*, t. XXV, Gent, 1943, pp. 121-137).
- † TAVERNIER, R. en HACQUAERT, A., Kryoturbate verschijnselen in Oost-Vlaanderen (*Natuurw. Tijdschr.*, t. XXII, 1940, pp. 153-158, 1 pl. 1 fig.).
- ♦ TESCH, P., Lijst der land- en zoetwatermollusken aangetroffen in de Kwartaire lagen in Nederland (*Meded. Geol. Dienst.*, 1929).
- ♦ VAN DEN BROECK, E., Présentation du travail de M. Van Overloop (*Bull. Soc. belge de Géol.*, t. III, 1889, P. V., pp. 193-194).
- † — (2), Notes géologiques et paléontologiques prises pendant le creusement des nouveaux bassins Afrique et America à Anvers (Austruweel) (*Ibid.*, t. III, 1889, pp. 286-287).
- † — (3), Communications des membres (*Ibid.*, t. VII, 1893, P. V., p. 332).
- ♦ VAN HOORNE, R., Étude pollinique d'une tourbière à Heusden-lez-Gand (*Bull. Mus. roy. Hist. nat. Belg.*, t. XXI, n° 18, 1945).
- ♦ VAN OVERLOOP, E., Les origines du bassin de l'Escaut (*Bull. Soc. belge de Géol.*, t. III, annexe, 1889, 92 p., 1 pl., 2 cartes).
- † — (2), Les origines du bassin supérieur de l'Escaut, Bruxelles, Hayez, 1889, 48 p., 1 pl., 2 cartes.
- ♦ VAN WERVEKE, A. K., Étude sur le cours de l'Escaut et de la Lys-Durme au moyen Âge (*Bull. Soc. belge de Géol.*, t. XVI, 1892, pp. 453-485 et 588-611, 2 cartes).
- ♦ VERMEER-LOUMAN, G., Pollen analytisch onderzoek van den West-Nederlandse bodem. Proefschrift, 1934.
- ♦ VERSTRAETE, E.-J., Nouvelles études sur le cours primitif de l'Escaut en aval de Gand (*Bull. Soc. belge de Géogr.*, t. II, 1878, pp. 313-333).
- † VINCENT, G., Découverte de *Cyrena fluminalis* MULLER dans les alluvions de l'Escaut (*Ann. Soc. Malac. de Belg.*, t. XVIII, 1888, p. xxxi).