

Les dépôts quaternaires de la plaine de la Lys,

par R. PAEPE.

J. GOSSELET (1894) [8] a donné pour la première fois le nom de « plaine de la Lys » à la large, vaste dépression qui s'étend d'Armentières à Aire-sur-la-Lys, entre les collines des Flandres au Nord et le plateau de Lens au Sud. Tenant compte de son relief extrêmement plat qui vient se terminer au Nord, au Sud et à l'Est contre un escarpement de l'ordre de 30 m de hauteur, on peut y ajouter la partie à l'Est d'Armentières et la dépression du canal de Neuffossé à l'Ouest. Le tout se situe à une altitude inférieure à 25 m ⁽¹⁾, dont une grande partie même au-dessous de 20 m. Notons encore que le centre de la plaine de la Lys forme une dépression entièrement délimitée par l'isohypse fermé de 17 m.

HISTORIQUE.

Cette plaine, à cause de la monotonie de son relief, par manque de beaux affleurements et de sondages, n'a guère été l'objet d'étude.

J. GOSSELET (1894) [8] avait communiqué quelques idées à ce sujet devant la Société géologique de France.

Par la suite G. DUBOIS (1925) [7] avait entrepris une étude stratigraphique qui s'était malheureusement bornée à la région d'Armentières. Il distinguait dans la plaine de la Lys (qu'il dénommait la vallée pléistocène, par contraste avec la plaine alluviale actuelle) un dépôt argilo-sableux alluvial couvert d'un limon pur (= terre à briques). Il reliait ces dépôts à une terrasse typique, connue à d'autres endroits sous le nom de « Terrasse inférieure d'âge Monastirien » (Interglaciaire Riss-Würm).

Récemment G. DELOFFRE et G. WATERLOT (1952) [16] ont mentionné l'existence de phénomènes périglaciaires à divers niveaux dans les dépôts de la plaine de la Lys, ce qui les amène

⁽¹⁾ N.G.F. : nivellement général de France, soit 2,16 m au-dessus du nivellement belge.

à attribuer un âge Würmien glaciaire à l'ensemble. G. T'JONCK (1954) [15], lors de la levée de la carte des sols aux environs de Ploegsteert, obtint enfin une confirmation sur l'origine éolienne des loess dans la plaine de la Lys. Néanmoins, il y fait intervenir un remaniement fluviatile ainsi que des apports de matériaux locaux des hauteurs avoisinantes. Au-dessus de ces dépôts se situent les dépôts alluviaux argileux, antérieurement considérés comme d'âge holocène ou récent et pour lesquels ce même auteur préconise un âge Alleröd. Il y distingue en outre une phase continentale, représentée par les couches graveleuses à la base, et une phase fluviatile, représentée par les couches argilo-sableuses au sommet.

Sous l'impulsion du Prof^r R. TAVERNIER, nous avons récemment repris l'étude de cette plaine. Les coupes exposées dans les briqueteries de la Belgique et de la France, malheureusement plus souvent localisées dans la partie est de la plaine, nous ont permis d'obtenir de nouvelles observations concernant la stratigraphie des loess, aussi bien anciens que récents. L'interprétation sur le terrain a surtout été basée sur les lithofaciès ainsi que sur la morphologie des dépôts. Il est remarquable de constater souvent un changement graduel soit vertical, soit horizontal des faciès, de sorte qu'il est difficile de juger de quel dépôt il s'agit. Dès lors les phénomènes périglaciaires délimitant le contact entre ces dépôts deviennent des repères particulièrement importants, étant donné le fait qu'on peut les suivre de façon continue.

Suivant qu'ils apparaissent superposés ou isolés, on peut en induire qu'on a affaire à des variations climatiques d'intensité plus ou moins grande, ce qui nous a conduit à étudier les profils sur des distances relativement longues afin d'éliminer les variations locales.

DESCRIPTION DES PROFILS.

PLOEGSTEERT : Briqueterie Le Touquet (fig. 1).

Localisation : cette briqueterie est située le long de la route vers Le Touquet-Le Bizet près du ruisseau des Rabèques et à l'Ouest de la gare.

Situation topographique : 19 m.

Relief : plat (plaine de la Lys).

Profil : deux profils sur le côté nord de l'exploitation.

Levé : R. PAEPE, septembre 1961.

Description géologique.*Profils 1 et 2 :*

SOL M : sol moderne du type regosol.

ALL. 2 : alluvions supérieures.

ALL. 1 : alluvions inférieures munies de concrétions calcaires; au sommet un sol peu développé (S. ALL. 1).

SABLE : sable glauconifère finement stratifié avec poches de cryoturbation et fentes de gel à la base.

LIMON J : limon jaune brunâtre avec ondulations et poupées de loess.

CRYOT. : zone de cryoturbation et de fentes de gel; restes d'un horizon B textural.

LIMON B : limon brun jaunâtre avec stratification très nette au sommet; zones sableuses au milieu (S. 2) et à la base (S. 1); zone humifère au-dessus de S. 1.

LIMON G : limon gris lourd avec à la base un cailloutis (CAILL.) et au sommet une zone humifère.

LIMON F : limon fendillé (panaché); sol à gley (hydromorphe) très développé.

LIMON D : limon doux grisâtre.

Interprétation.

Holocène : ALL. 2.

Épi-Pléistocène : Alleröd (?) : ALL. 1.

Pléistocène :

supérieur : Sable de couverture : SABLE.

Loess récent 3 : LIMON J.

Loess récent 2 : LIMON B.

Loess récent 1 : LIMON G.

moyen : Loess rissien : LIMON F et LIMON D.

WARNETON : Briqueterie Delcourt (fig. 2 et 3).

Localisation : la briqueterie se situe sur la rive gauche de la Lys dans la dépression du ruisseau des Rabèques près de la route vers Le Touquet.

Situation topographique : 19 m.

Relief : plat (plaine de la Lys).

Profil : deux profils ont été levés :

— un sur la paroi sud (longueur 40 m; profondeur 7 m);

— un sur la paroi est (longueur 200 m; profondeur 9 m).

Levé : R. PAEPE, novembre 1961, mars-avril 1962.

Description géologique.*Profil Sud :*

ALL. : argile sableuse, brun grisâtre avec une mince couche sableuse à la base.

LIMON J. : limon jaune brunâtre avec ondulations; alternance de bandes plus sableuses et limoneuses; à la base zone avec empreintes végétales et cailloutis discontinu.

SABLE L : sable limoneux; zone discontinue.

LIMON B : limon brun jaunâtre; alternances de bandes limoneuses et sableuses; stratification régulière; localement petites fentes de gel.

CRYOT. : zone de cryoturbation et de fentes de gel (0,50 m et plus); au sommet une couche coquillifère (Coq.) et quelques ravinations avec gravier fin (Caill.).

LIMON G : limon gris brunâtre, homogène.

LIMON F : limon fendillé.

Profil Est :

Faciès éolien :

T.R. : terre remaniée.

LIMON B : limon brun jaunâtre (cf. profil Sud).

HUM. : zone humifère gris foncé avec à la base, zone de cailloutis dans une mince bande de sable blanc.

CRYOT. : zone à fentes de gel très développée (cf. profil Sud.)

LIMON H : limon gris foncé, argileux, humifère et compact; à la base zone de cryoturbation très ondulée.

LIMON R : limon gris bleuâtre très argileux avec zone d'oxydation et zone plus humifère ainsi que des restes du limon fendillé.

LIMON F : limon fendillé avec zones d'oxydation et humifères; parfois dépôt de solifluxion (sol.) à la base.

CRYOT. : zone de cryoturbation très prononcée avec fentes de gel; concrétions calcaires; empreintes végétales.

HOR. F : horizon à petites fentes de gel.

LIMON A : limon sableux vert brunâtre, compact; finement stratifié et ondulé; concrétions calcaires au sommet.

Z. HUM. : zone humifère avec stratification horizontale fine.

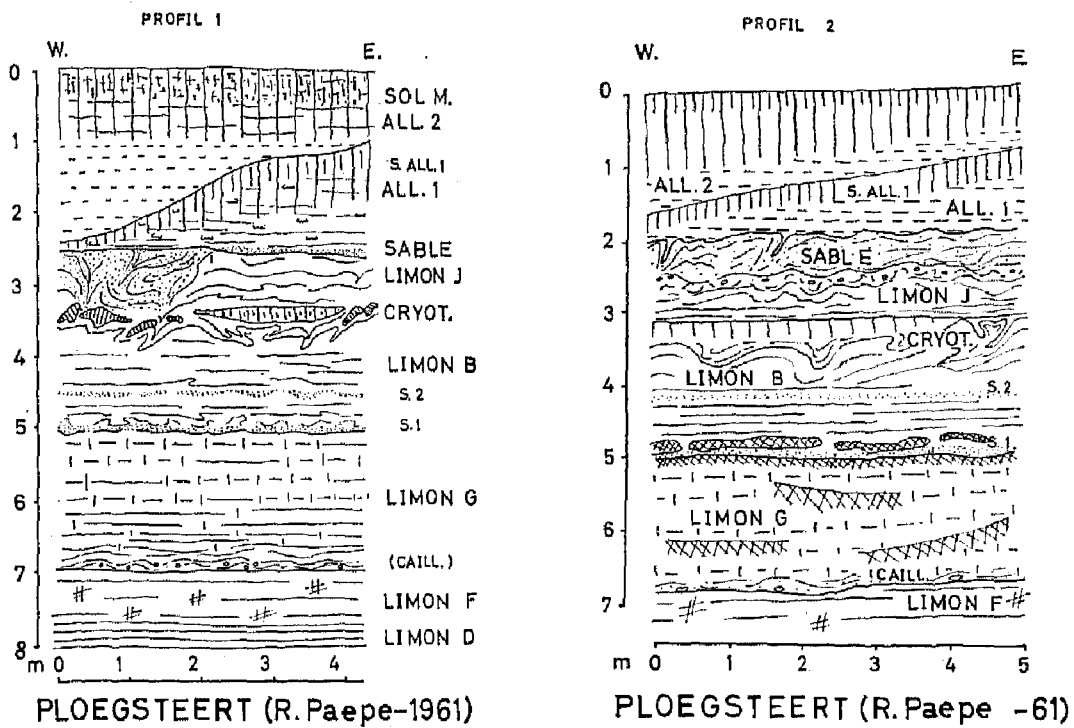


FIG. 1.

WARNETON: BRIQUETERIE DELCOURT - PROFIL SUD (R. Paepe - nov. 1961)

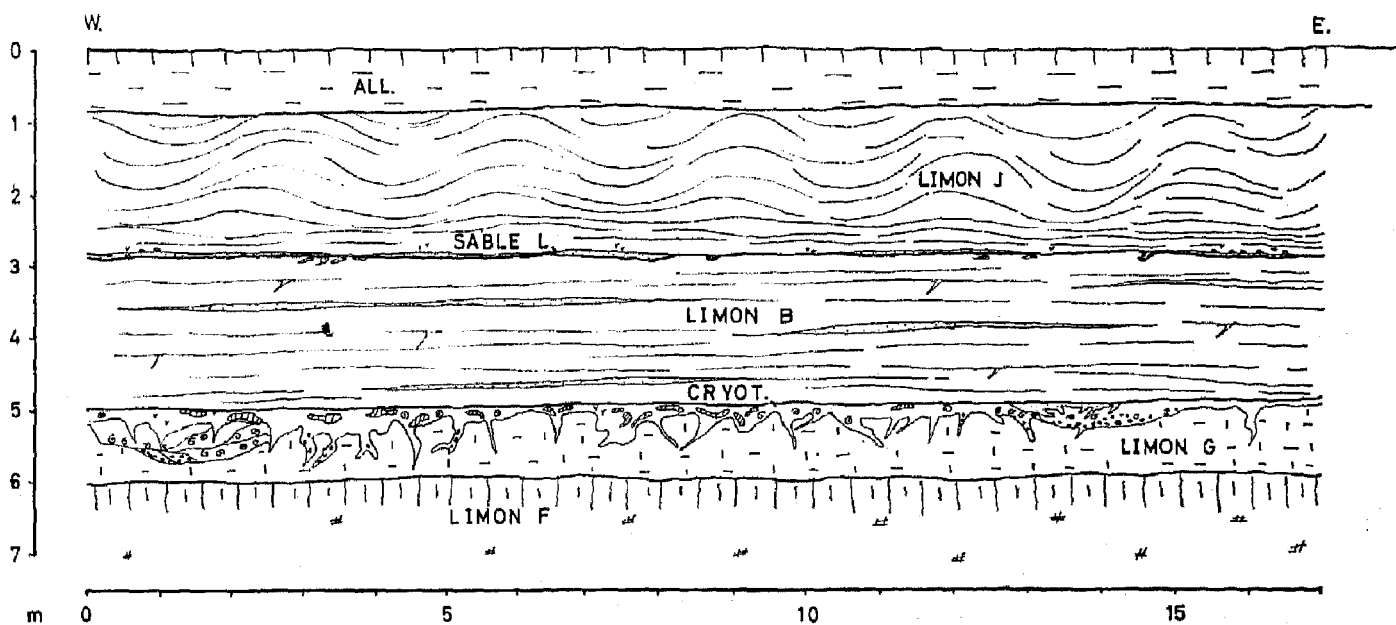


FIG. 2.

Faciès fluviatile :

Ce faciès colmate une dépression incisée dans les limons inférieurs (LIMON H, LIMON R, LIMON F et LIMON A). La partie supérieure se termine en biseau au Sud et au Nord de la coupe contre le LIMON H et est tronquée par la zone humifère HUM. à la base du LIMON B. La partie inférieure est une tourbe terrigène dont le passage latéral au LIMON R, LIMON F et LIMON A est parfois perturbé.

Partie supérieure : Quatre niveaux peuvent être distingués :

Niveau 4 : un petit ravinement 4 *a* contenant un limon gris brunâtre pâle. Les fentes ont une forme d'aiguilles, sont étirées et très nombreuses et limitées à la base tantôt par une zone humifère tantôt par un cailloutis.

Niveau 3 : une bande très mince au-dessous de 4 *a* et du LIMON B, vraisemblablement dans le prolongement de la zone à fentes de gel surmontant le LIMON H (faciès éolien); niveau caractérisé par une cryoturbation intensive et fentes de gel étirées atteignant plus d'un mètre de longueur.

Niveau 2 : niveau se divisant en deux lentilles (2 *a* et 2 *b*) contenant un limon sableux grisâtre; entièrement cryoturbé. Il repose sur une zone humifère presque continue contenant des coquilles fossiles.

Niveau 1 : niveau se divisant en une zone supérieure entièrement cryoturbée et une zone inférieure à caractère beaucoup plus fluviatile très riche en coquilles fossiles et débris végétaux. Il repose soit sur le LIMON H ou le LIMON R en bordure de la dépression, soit sur la tourbe sous-jacente au milieu.

Partie inférieure :

TOURBE : masse tourbeuse du fond de la dépression.

Interprétation.

Holocène ou Épi-Pléistocène : ALL.

Pléistocène :

supérieur : Loess récent 3 : LIMON J + SABLE L.

Loess récent 2 : LIMON B + HUM.

Loess récent 1 : LIMON G + LIMON H + LIMON R
+ Niveaux.

Eémien : Tourbe.

moyen : Loess rissien : LIMON F + LIMON A + Z. HUM.

ARMENTIÈRES : Briqueterie du lieu dit « L'Étang »
(fig. 4).

Localisation : La briqueterie l'Étang à Nieppe (Armentières) est située au Nord du cimetière de guerre allemand, à environ 1 km de la Lys.

Situation topographique : 18 m.

Relief : plat (plaine de la Lys).

Profil : un profil sur le côté ouest dans la direction Sud-Nord.

Levé : R. PAEPE, juin 1962.

Description géologique.

Profil Sud-Nord :

ALL. : argile sableuse alluviale.

LIMON J : limon jaune brunâtre finement stratifié, légèrement ondulé; alternance de bandes fines plus sableuses et plus limoneuses; concrétions calcaires au sommet; à la base une zone de sable fin micacé à coquilles est généralement présente et peut être surmontée d'une zone à limon sableux remanié, contenant elle aussi des coquilles et de plus des empreintes végétales.

LIMON B : limon brun jaunâtre finement stratifié devenant très lourd vers la base; par endroits des zones d'oxydation sont présentes; au sommet, une zone solifluée avec des coquilles marque la transition au LIMON J.

LIMON G : limon gris bleuâtre généralement très compact; au sommet se développe un horizon plus argileux qui peut reposer sur une zone perturbée. Dans le limon se répartissent des cailloutis enveloppés dans une matrice de sable glauconifère, riche en mica. A la base s'étend un horizon limoneux humifère avec coquilles.

LIMON LG : limon gris lourd stratifié.

CRYOT. : zone de cryoturbation entre une zone à fentes de gel au sommet et une à la base.

LIMON S : limon sableux gris très compact.

Interprétation.

Holocène ou Épi-Pléistocène : ALL.

Pléistocène :

supérieur : Loess récent 3 : LIMON J.

Loess récent 2 : LIMON B.

Loess récent 1 : LIMON G.

moyen : Loess rissien : LIMON LG et LIMON S.

FRELINGHIEN : Briqueterie Delcourt (fig. 5).

Localisation : cette briqueterie est située le long de la Lys près du Pont Rouge.

Situation topographique : 15 m.

Relief : plat (plaine de la Lys).

Profil : deux profils :

— un long profil sur la paroi sud (longueur 150 m; 4 à 5 m de profondeur);
(profil Sud);

— un petit profil à l'extrémité nord de la paroi sud (profil Nord).

Levé : R. PAEPE, juillet 1962.

Description géologique.

Profil Sud :

T.R. : terre remaniée.

Ap : couche arable.

ALL. : alluvions.

B₂t : horizon B textural.

LIMON J : limon sableux jaune brunâtre, finement stratifié.

CRYOT. : zone de cryoturbation, avec à la base des fentes de gel et des ravinations (très argileux au centre devenant plus sableux sur les bords).

SABLE S : bandes de sable blanc-jaune finement stratifié; très irrégulier au sommet et à la base.

LIMON B : limon lourd, brun grisâtre feuilleté; cryoturbations et nombreuses petites fentes dans la même direction ⁽²⁾.

Δ : outil préhistorique (grattoir très roulé).

Profil Nord :

Ap. : couche arable.

ALL. 2 : alluvions supérieures.

ALL. 1 : alluvions inférieures.

⁽²⁾ Erronément indiqué LIMON F sur la figure 5.

COMPLEXE : couches alternantes de sable et d'argile; stratification irrégulière.

SABLE : sables glauconifères stratifiés avec poches de cryoturbation et de fentes de gel à la base.

LIMON J : limon sableux jaune brunâtre avec ondulations.

Interprétation.

Holocène : ALL. 2.

Épi-Pléistocène : Alleröd (?) : ALL. 1 + COMPLEXE + SABLE.

Pléistocène supérieur :

Loess récent 3 : LIMON J.

Loess récent 2 : LIMON B + SABLE S.

DEULEMONT : Briqueterie Vandermeersch (fig. 6).

Localisation : cette briqueterie est située à l'Est du village de Deulémont au Nord de la route vers Comines (France), à environ 500 m de distance de la Lys.

Situation topographique : 16 m.

Relief : plat (plaine de la Lys).

Profil : deux profils ont été levés :

— un sur la paroi sud dans la direction Ouest-Est (environ 70 m de longueur et 7 m de profondeur);

— un sur la paroi est dans la direction Nord-Sud.

Levé : R. PAEPE, septembre 1961.

Description géologique.

Profil Sud et profil Est :

Ap : terre arable et remaniée; horizon B structural (B).

ALL. : argile alluviale sableuse gris brunâtre.

SABLE : sable limoneux léger finement stratifié.

B₂t : horizon B textural.

OND. : ondulations de cryoturbation.

LIMON J : limon jaune brunâtre devenant plus gris vers le bas; alternance de linéoles sableuses et argileuses; empreintes végétales et concrétions calcaires.

CAILL. : cailloutis englobé dans une couche de sable fin dont la base est cryoturbée.

CRYOT. : cryoturbation très forte dans un limon sableux lourd avec à la base une zone à petites fentes de gel, de cailloutis et d'empreintes végétales.

WARNETON: BRIQUETERIE DELCOURT - PROFIL EST (R.Paepé - novembre 1961 - mai 1962)

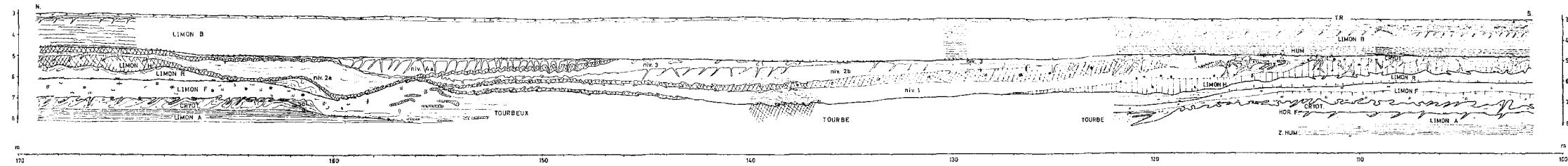


FIG. 3.

ARMENTIERES: BRIQUETERIE L' ETANG (R.Paepé - juin 1962)

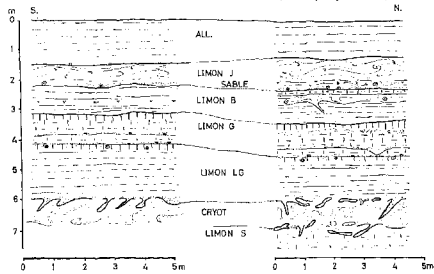


FIG. 4.

FRELINGHNIEN: BRIQUETERIE DELCOURT (R.Paepé - juillet 1962)

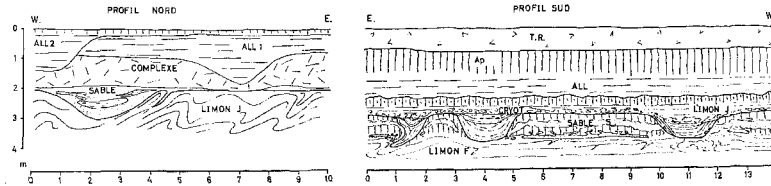


FIG. 5 (lire LIMON B au lieu de LIMON F).

SYMBLES

MORPHO-LITHOLOGIQUES	INCLUSIONS
	Coquilles (1).
	Empreintes végétales (2).
	Gaux (3).
	Concrétions (4).
 (1)
 (2)
 (3)
 (4)

LIMON B : limon brun jaunâtre très friable avec stratification horizontale feuilletée; muni de multiples petites fentes de gel et d'empreintes végétales; parfois au sommet horizon pédologique.

SABLE L : alternance de linéoles sableuses et limoneuses très irrégulièrement limitées; zone coquillifère et humifère à la base.

LIMON F : limon fendillé rouge brunâtre, compact.

Interprétation.

Holocène ou Épi-Pléistocène : ALL. + SABLE.

Pléistocène :

supérieur : Loess récent 3 : LIMON J + CAILL.

Loess récent 2 : LIMON B + SABLE L.

Loess récent 1 : absent.

moyen : Loess rissien : LIMON F.

QUESNOY-SUR-DEÛLE : Briqueterie Delcourt (fig. 7).

Localisation : cette briqueterie est située au Nord du chemin vers Croix-au-Bois, à environ 500 m de la Deûle.

Situation topographique : 20 m.

Relief : assez plat avec de très faibles ondulations (plaine de la Lys).

Profil : un profil levé sur la paroi ouest et complété par un profil schématique de la paroi nord (longueur 40 m; profondeur 5 à 6 m).

Levé : R. PAEPPE, juin 1962.

Description géologique.

T.R. : terre remaniée.

SABLE A : sable argileux; au sommet subsiste un horizon B textural dégradé; à la base, couche de sable homogène fortement dérangé à la base.

CRYOT. : zone sableuse cryoturbée; au sommet, par endroits des restes d'une zone plus argileuse avec nombreuses concrétions calcaires.

LIMON J : limon jaune brunâtre finement stratifié; alternance de bandes plus sableuses et plus limoneuses; empreintes végétales; à la base, zone de cryoturbation très peu prononcée; tout à fait vers le bas, apparaissent des linéoles sableuses discontinues et des fentes gigantesques d'allure très capricieuse atteignant plusieurs mètres de longueur.

RAV. : série de ravinations de toutes formes et colmatées de limon lourd gris devenant plus sableux à la périphérie; contenant des blocs de terre gelée, des horizons tourbeux. Stratification fluviatile très bien exprimée quoique parfois troublée par une solifluxion ou percée par les fentes gigantesques citées plus haut. L'ensemble est surmonté par une zone argileuse rougeâtre provenant probablement d'un horizon B textural.

COMPLEXE : complexe limono-sableux argileux de couleur brun verdâtre; le dépôt est très irrégulièrement réparti; parfois avec zone cryoturbée au sommet.

LIMON H : limon gris noirâtre humifère à multiples linéoles très tourbeuses et de concrétions de ferro-manganèse. A la base apparaît une zone de cryoturbation couverte d'un coquiller dans un gravier fin.

LIMON L : limon argileux un peu sableux à stratification ondulée; gravier de base très peu prononcé; quelques rares cailloux éparpillés (10 cm de diamètre).

YPRÉSIEN : argile compacte.

Interprétation.

Quaternaire.

Épi-Pléistocène : **SABLE A.**

Pléistocène :

supérieur : Loess récent 3 : **LIMON J.**

Loess récent 2 : **RAV. + COMPLEXE.**

Loess récent 1 : **LIMON H.**

moyen : Loess rissien : **LIMON L.**

Tertiaire.

Éocène : **YPRÉSIEN.**

RUMBEKE : Briqueterie Dumoulin (fig. 8).

Localisation : cette briqueterie se situe sur le chemin de Rumbek (Kasteelhoek) à Rollegem-Kapelle, sur le côté nord de la Babillebeek.

Situation topographique : entre 20 et 22 m.

Relief : légèrement onduleux.

Profil : paroi est dans la direction Nord-Sud (longueur 80 m; profondeur 10 m).

Levé : R. PAEPE, octobre 1961.

Description géologique.

- T.R. : terre remaniée.
- SABLE L : sable limoneux gris brunâtre homogène.
- SABLE E : sable à stratification entrecroisée avec horizon B textural à la base et au sommet; tout à fait en bas, zone de cryoturbation et zone à fentes de gel (20-40 cm) délimitée par un cailloutis très faiblement développé.
- SABLE J : sable limoneux jaune brunâtre, caractérisé par l'alternance de bandes plus sableuses et plus limoneuses. Zone de cryoturbation et de fentes de gel (1 m) délimitée par un cailloutis de silex fins.
- LIMON J 2 : limon jaune brunâtre très friable avec ondulations et restes d'un horizon B textural. A la base, zone avec empreintes végétales superposée à une zone de cryoturbation avec beaucoup de petites fentes de gel.
- LIMON J 1 : limon jaune brunâtre avec stratification horizontale un peu solifluée; à la base, une zone de coquilles (Coq.) dans un sable gris brunâtre; au-dessus, un horizon pédologique est parfois présent.
- LIMON B : limon sableux brun grisâtre muni d'empreintes végétales; très dérangé au sommet et plus régulièrement à la base. Coquiller (Coq.) dans un sable à stratification entrecroisée et gravier de silex à la base.
- HUM. : horizon très humifère, au sommet du LIMON B.
- LIMON G : limon sableux gris homogène : quelques bandes humifères, niveaux graveleux sableux; à la base, zone très perturbée hétérogène; gravier de base dans un sable grossier à stratification entrecroisée : coquilles; sol noir de base humifère; dépôt soliflué (LIMON R) très fossilifère (restes de *E. antiquus*, *E. caballus*, Rhinocéros, industrie paléolithique).
- COMPLEXE : limon argileux à bandes humifères; gravier de base très grossier (Gr.) dans un lit de sable entrecroisé.
- YPRÉSIEN : faciès silteux de l'Yprésien.

Interprétation.

Quaternaire.

Épi-Pléistocène : Sable de couverture : SABLE L + SABLE E + SABLE J.

Pléistocène supérieur :

Loess récent 3 : LIMON J 2 + LIMON J 1.

Loess récent 2 : LIMON B + HUM.

Loess récent 1 : LIMON G + LIMON R.

Eémien : COMPLEXE + GR.

Tertiaire.

Éocène : YPRÉSIEN.

POPERINGE : Briqueterie Schabalie (fig. 9 et 10).

Localisation : cette carrière se situe le long de la route vers Steenvoorde (France) et s'étend jusqu'à la Bommelaarsbeek au Nord.

Situation topographique : 22 m.

Relief : légèrement onduleux.

Profil : deux profils :

- un se situant sur la paroi nord (longueur 80 m; profondeur : 8 m);
- un sur la paroi est plus schématique.

Levé : R. PAEPE, octobre 1961, mars 1962.

Description géologique.

Profils Nord :

Ap. : couche arable.

SABLE : couches très sableuses; stratification caractérisée par l'alternance de linéoles sableuses et plus limoneuses; relicttes de horizon B textural (B₂t); niveau à fentes (F.) et cailloutis à la base (CAILL.) avec débris de coquilles, ravinations et fentes sporadiques.

SABLE F : sable fluviatile d'un complexe de ravinations souvent avec cailloutis à la base.

S. Coq. : sable coquillifère, stratification entrecroisée; avec cailloutis à la base.

RAV. 2 : ravination au-dessous de S. Coq. avec zones à coquilles à la base.

Z. HUM. 4 : zone humifère.

LIMON B : limon brun grisâtre, sableux; stratification régulière.

F. 3 : zone de fentes.

Z. HUM. 3 : zone humifère avec coquilles et débris de coquilles.

LIMON : limon à stratification régulière à la base et entrecroisée au sommet.

F. 2 : zone de fentes.

RAV. : ravination au-dessous de F. 2 avec coquilles à la base.

Z. HUM. 2 : zone humifère.

COMPLEXE : complexe de sables fluviatiles jaunes (S.), de limon gris (L.) et de sable (Z.) avec zone de coquilles à la base.

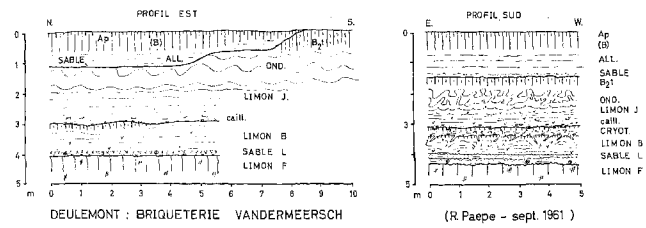


FIG. 6

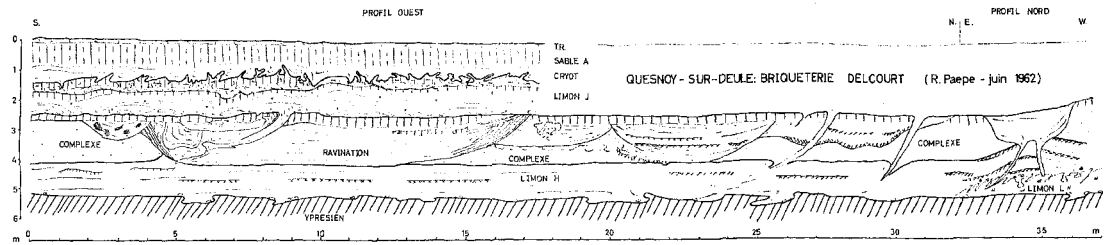


FIG. 7.

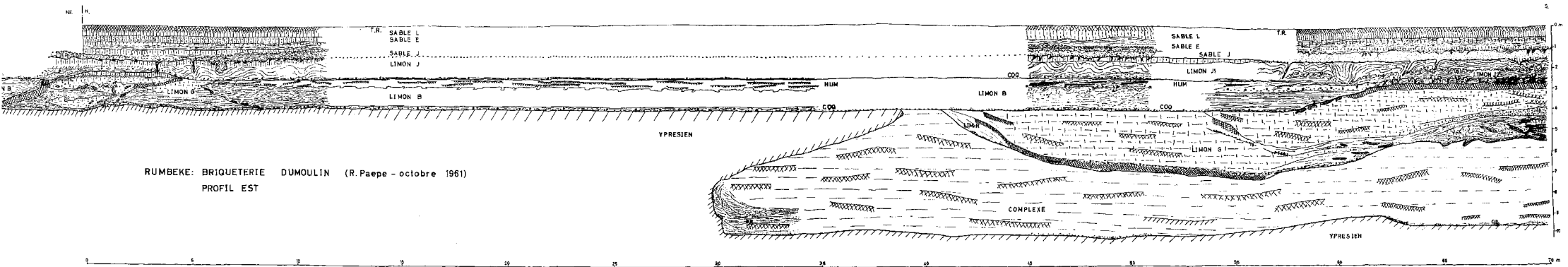


FIG. 8.

Z. HUM. 1 : zone humifère avec débris de vertébrés et de coquilles.

LIMON G : limon gris bleuâtre, un peu sableux, à zones humifères et à gravier de base très épais (parfois plus de 0,50 m), (le gravier ne figure pas sur le profil).

Profil Est :

SABLE : couches très sableuses à stratification entrecroisée; horizon B textural développé au sommet (B₂ t) et deux cailloutis à la base.

SABLE R : sable rouge ferrugineux à stratification entrecroisée.

CAILL. : cailloutis continu (G).

ARG. B : argile brune.

SABLE J : sable jaune, très entrecroisé à multiples zones de gravier; cailloutis à la base (caill.).

CRYOT. + F. 4 : zone de cryoturbation et de fentes de gel.

LIMON B : limon brun grisâtre, sableux, à stratification régulière.

Z. HUM. 3 : zone humifère coquillifère.

F. 2 : zone de fentes.

COMPLEXE : complexe de sables entrecroisés.

CAILL. : cailloutis avec zone de fentes à la base (F. 1).

Z. HUM. 1 : zone humifère.

LIMON G : limon gris bleuâtre, un peu sableux, à zones humifères et gravier de base très épais.

LIMON A : limon gris bleuâtre ancien compris entre une zone de cryoturbation et un gravier de base.

YPRÉSIEN : Faciès silteux.

Interprétation.

Quaternaire.

Épi-Pléistocène : Sables de couverture : SABLE.

Pléistocène :

supérieur : Loess récent 3 : SABLE F + SABLE R + SABLE J.

Loess récent 2 : LIMON B + LIMON + COMPLEXE.

Loess récent 1 : LIMON G.

Eémien : gravier.

moyen : Loess ancien : LIMON A.

Tertiaire.

Éocène : YPRÉSIEN.

ZONNEBEKE : Briqueterie Van Biervliet (fig. 11 et 12).

Localisation : cette briqueterie se situe le long de la route vers Ieper près de l'hameau Zevekote sur le territoire de Zonnebeke.

Situation topographique : 25 m.

Relief : légèrement onduleux.

Profil : — deux profils détaillés sur la paroi nord dans la direction Ouest-Est (profils A et B);

— profil général : longueur 100 m; profondeur 10 m.

Levé : R. PAEPE, octobre 1962.

Description géologique.*Profil A :*

T.R. : terre remaniée.

SABLE L : sable limoneux brun grisâtre avec horizon B textural; à la base, un sable plus grossier régulièrement stratifié muni d'un cailloutis et d'une zone de fentes de gel (variant de 20 cm à plus de 1 m de profondeur).

LIMON J : limon jaune brunâtre avec ondulations et horizon B textural au sommet. A la base, mince zone sableuse à stratification entrecroisée et cailloutis. Au-dessous, zone à fentes de gel très développée et cryoturbation.

SABLE S : sable à stratification perturbée devenant plus régulière vers la base; avec restes d'un horizon B textural. A la base même, zone de cailloutis superposée à une zone à fentes de gel.

LIMON G : limon gris brunâtre avec lentilles de sable; au sommet, horizon B textural continu.

YPRÉSIEN : faciès silteux.

Profil B :

Id. : jusqu'à 3 m inclus du profil A.

SABLE S : sable à stratification horizontale devenant plus perturbée et même entrecroisée à la base; alternance de linéoles plus sableuses et plus limoneuses; nombreuses petites fentes de gel à la base des bandes sableuses; vers le bas, deux niveaux de gravier (GR.) séparés par une zone limoneuse brun foncé.

YPRÉSIEN : faciès silteux.

POPERINGE : BRIQUETERIE SCHABALIE (R. Paepe - nov. 1961)
 PROFILS NORD

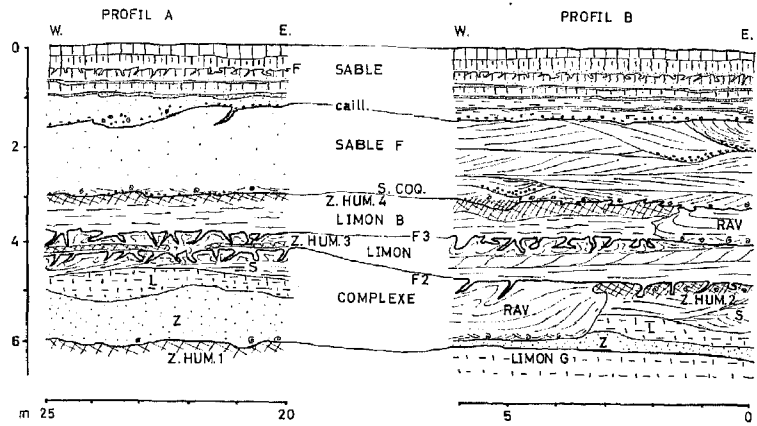


FIG. 9.

POPERINGE : BRIQUETERIE SCHABALIE (R. Paepe - oct. 1961-mars 1962)
 PROFIL EST

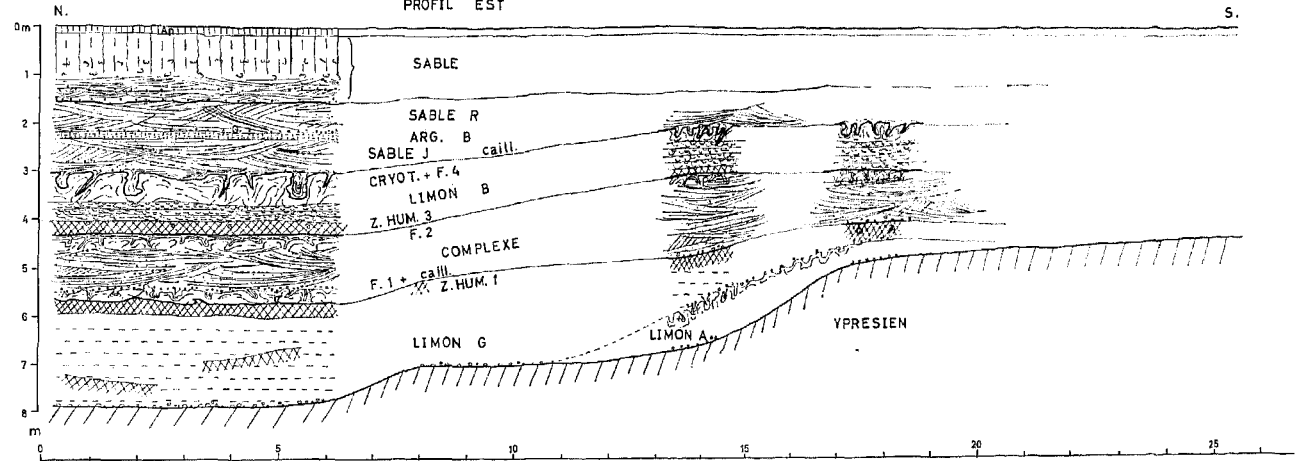


FIG. 10.

ZONNEBEKE : BRIQUETERIE VANBIERVLIEET (R. Paepe - octobre 1962)

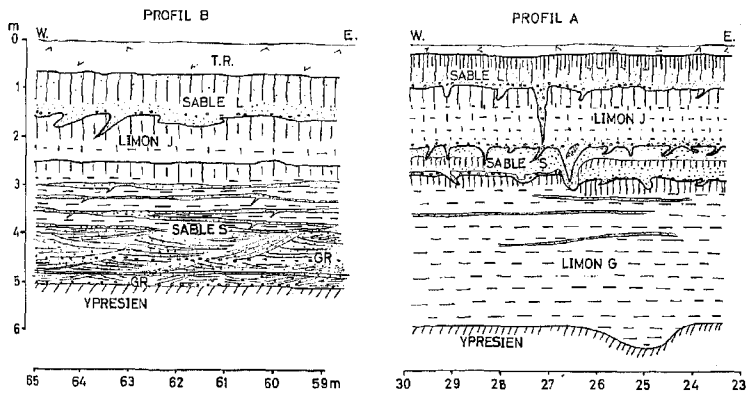


FIG. 11.

ZONNEBEKE : BRIQUETERIE VAN BIERVLIEET - PROFIL GENERAL (R Paepe - octobre 1962)

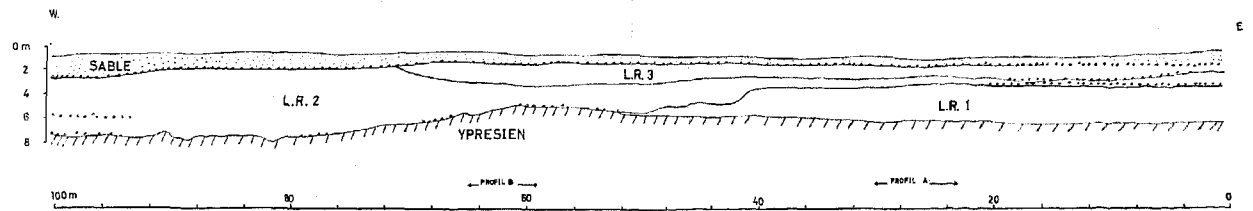


FIG. 12.

Interprétation (y compris profil général).

Quaternaire.

Épi-Pléistocène : SABLE L + SABLE.

Pléistocène supérieur :

Loess récent 3 : LIMON J + L. R. 3.

Loess récent 2 : SABLE S + L. R. 2.

Loess récent 1 : LIMON G + L. R. 1.

Eémien : GR. partim.

Tertiaire.

Éocène : YPRÉSIEN.

ANALYSES EN LABORATOIRE.

Granulométrie.

L'ensemble des analyses granulométriques est représenté en diagrammes.

Le diagramme triangulaire (fig. 13) permet de distinguer les variations globales, mais a le désavantage de ne tenir compte que de fractions d'intervalles. Le diagramme de DOEGLAS [6] (fig. 14) permet par contre de mieux suivre l'évolution en fraction et ensuite d'en tirer des conclusions concernant sa genèse.

Sur le graphique triangulaire on arrive à discerner plusieurs concentrations :

— Les limons anciens forment une concentration dense à l'extrême droite du graphique; c'est un sédiment de composition homogène ou pure.

— Les limons récents des plateaux se retrouvent également concentrés à l'extrême droite et sont, tout comme les loess anciens, de composition homogène.

— Les limons récents des dépressions et des vallées (Poperinge, Rumbeke) révèlent une différenciation nette entre un faciès purement limoneux (à droite) et un faciès plus sableux (rangé davantage vers la gauche). Ce sont donc des sédiments limoneux impurs.

— Les limons récents de la plaine de la Lys se caractérisent par un faciès généralement sableux occupant une place médiane à la base du triangle. Leur texture varie de limon sableux léger, limon sableux à limon et est donc assez hétérogène.

— le limon récent 1, par contre, semble être partout de composition très diverse, occupant la totalité de la zone basale du triangle sans concentration distincte.

— Les sables de couverture occupent une aire étendue à gauche, en bas, du triangle, sans atteindre l'aire des limons.

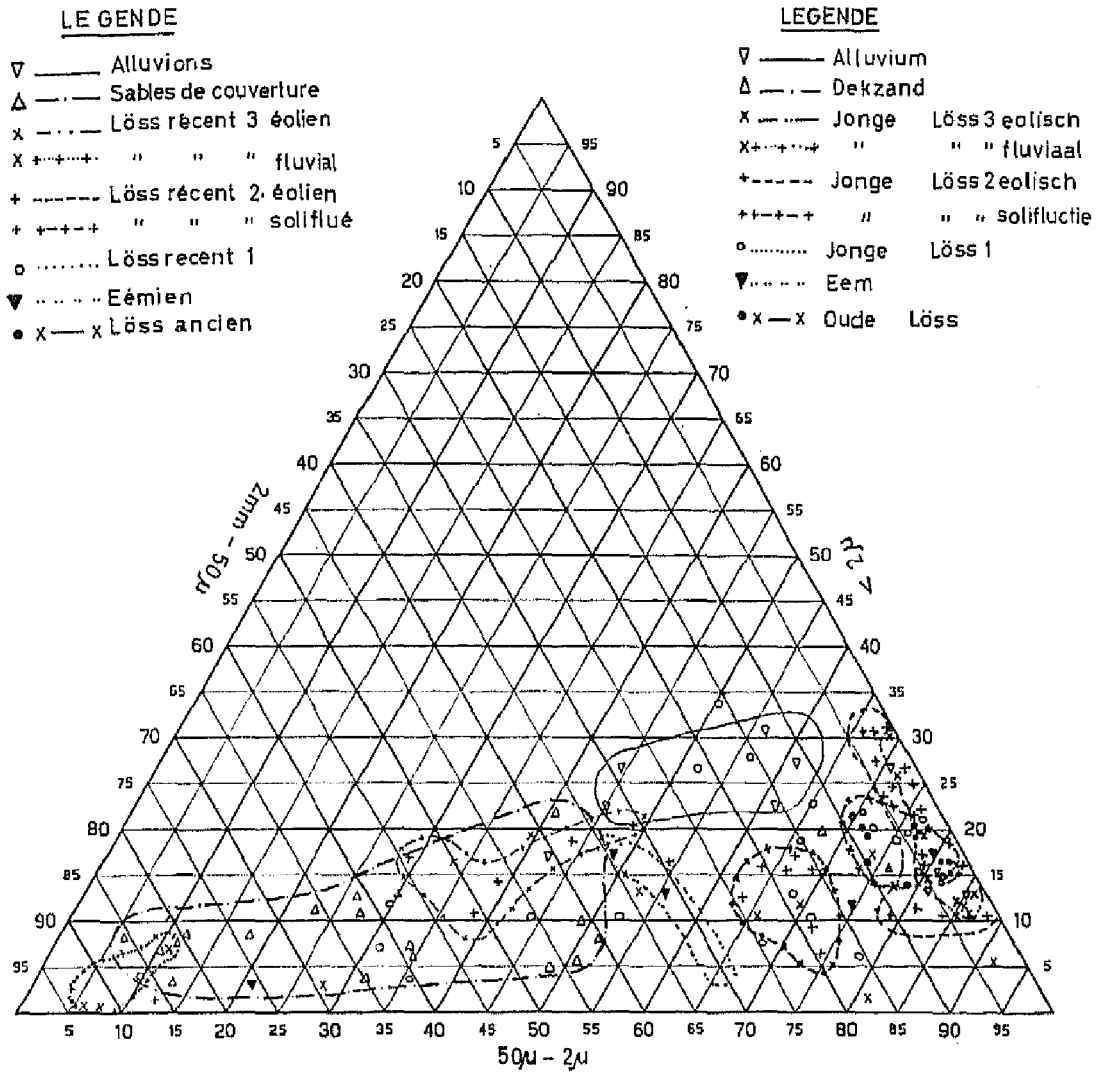
— Les sédiments d'âge éémien peuvent être soit un limon pur, soit de nature très sableuse.

Sur les diagrammes de DOEGLAS, les limons homogènes sont caractérisés par une allure linéaire symétrique et très abrupte entre 50 et 2 μ ; cette allure serait assez typique pour les dépôts d'origine éolienne. Souvent la fraction inférieure à 2 μ est courbée vers le bas, ce qui pourrait être une indication d'impuretés d'origine colluviale. Les sables de couverture adoptent une allure linéaire symétrique assez montante entre 300 et 50 μ qui est caractéristique pour les sables transportés par saltation. Ils sont rangés, par suite de leur faible teneur en particules inférieures à 50 μ , vers le sommet du diagramme. Entre ces deux extrêmes on retrouve toute la gamme de courbes appartenant aux autres classes granulométriques mentionnées plus haut; elles montrent une brisure dans leur profil à plus ou moins 50 μ et semblent épouser l'allure plate des sables de couverture dans la fraction des grosses particules et l'allure linéaire et plus abrupte dans la fraction des fines particules.

Nulle part on a affaire à une courbe d'un sédiment nettement fluvial. L'ensemble de ces sédiments, y compris les sables, a donc vraisemblablement subi un transport d'origine éolienne. Le remaniement fluvial, par la suite, ne peut certainement pas avoir été très grand.

Plusieurs courbes présentent un « palier » dans l'intervalle 104-50 μ , plus particulièrement celles des sédiments de la plaine de la Lys. C'est un vrai « hiatus granulométrique » qui exprime le mode d'apport ou l'origine des matériaux. Trois possibilités — réserves faites quant à la qualité des analyses — se présentent :

- l'apport « tertiaire » local a été très important;
- les éléments grossiers peuvent avoir été amenés par voie fluviale;
- il se peut enfin, que pour la plaine de la Lys, les monts des



APERCU D'ANALYSES GRANULOMETRIQUES
OVERZICHT VAN DE GRANULOMETRISCHE ANALYSEN

FIG. 13.

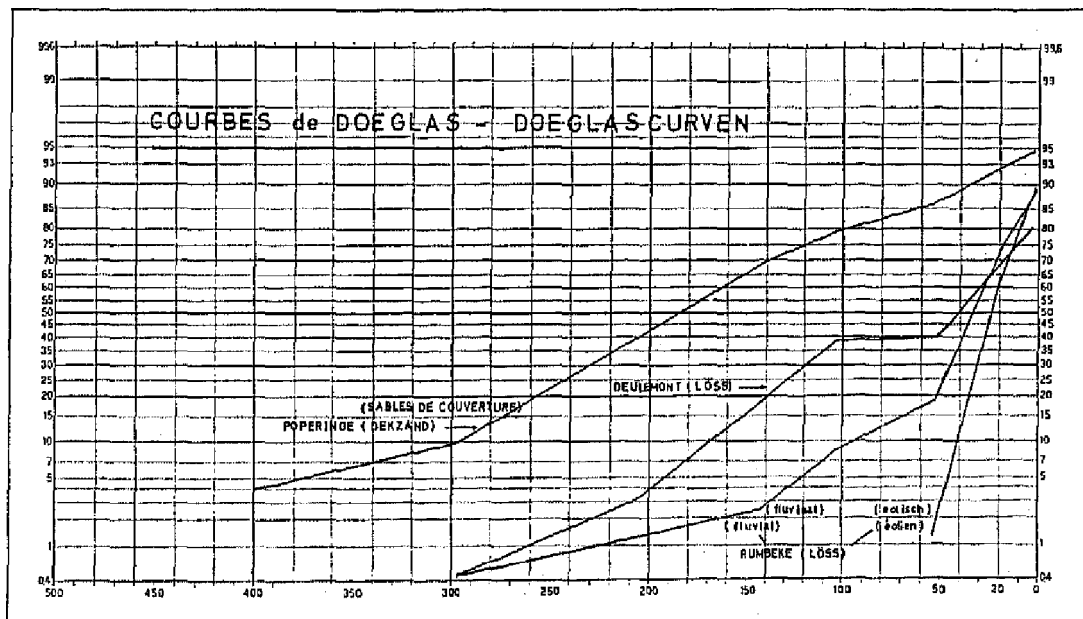


FIG. 14.

Flandres aient formé une barrière géographique à l'apport des fractions plus grossières éoliennes venant du Nord-Ouest.

Vraisemblablement les trois facteurs ont travaillé ensemble.

Minéraux lourds.

Les minéraux lourds qui figurent le plus souvent sont l'opaque et le zircon, bien que le grenat et l'épidote soient assez bien représentés. Par suite de son haut pourcentage en rutil, l'ensemble reflète la province X également reconnue par R. TAVERNIER dans les dépôts du Pléistocène supérieur en Belgique.

Le grenat semble être moins abondant dans les loess anciens que dans les loess récents. Les teneurs en zircon et opaque sont très hautes et sont peut-être d'origine « tertiaire ». Le saussurite et l'augite, signalés par S. DUPLAIX partout dans le Nord de la France, n'apparaissent qu'une fois dans le limon récent 2 à Frélinghien.

Analyse comparative de quelques graviers provenant de Poperinge, Zonnebeke et Arques.

En plus des graviers de base localisés à Poperinge et Zonnebeke sous les limons pléistocènes, il existe un gravier à Arques, qui s'étend d'ailleurs partout dans la dépression du canal de Neuffossé dans la même position stratigraphique. Il vient à l'affleurement en plusieurs endroits, quoique avec des différences d'épaisseurs :

	Épaisseur.	Hauteur de base.
Arques (nouvelle écluse)	5 à 6 m	24 m N.G.F.
Arques (pont R.N. 43).	2 à 3 m	23 m N.G.F.
Briqueterie Payelleville.	0,5 m	22 m N.G.F.
Pont de Campagne	0,5 m	18 m N.G.F.

Il y a donc en même temps qu'une diminution en épaisseur une descente de la base vers l'Est. Vers le Sud, il se termine en biseau contre les collines d'Helfaut, où il vient reposer sur le sable landénien, l'argile des Flandres s'étant éteinte.

Composition granulométrique.

L'analyse granulométrique s'est basée sur une division en cinq fractions; la fraction inférieure à 1 mm a été traitée jusqu'à la fraction 2 μ .

De ces analyses groupées en deux tableaux (tabl. 1 et 2), on peut déjà révéler que le gravier d'Arques diffère bien de ceux de Poperinge et de Zonnebeke.

Composition lithologique.

La composition lithologique a été obtenue par un « calcul du pourcentage de poids » sur l'entité des fractions supérieures à 4 mm et sur un échantillon des fractions inférieures à 4 mm (tabl. 3).

Le SILEX, composante importante dans les trois cas, est surtout présent à Arques, où il se caractérise par une altération et une cacholisation intense ainsi que par un nombre faible de petits cailloux, souvent bien arrondis.

Le QUARTZ présent à Poperinge et à Zonnebeke, devient très abondant à partir de 20 mm pour croître en nombre et en poids et même supplanter le silex dans la fraction 1 à 2 mm.

A Arques, par contre, le quartz n'apparaît qu'à partir de 4 mm, diminue en nombre en même temps que son poids augmente, tout en restant inférieur au pourcentage du silex.

Le GRÈS (rouge et gris) est une composante régulière du gravier de Poperinge et de Zonnebeke, surtout dans les petites fractions; néanmoins à Zonnebeke la fraction > 20 mm compte un grand nombre (12,74 %) de grès. A Arques, le grès apparaît brusquement avec un pourcentage élevé à partir de 4 mm. Il s'agit de grès rouges qui sont absents dans cette fraction à Poperinge et Zonnebeke.

Des CAILLOUX D'ARGILE ont été retrouvés à Poperinge, surtout dans la fraction 2-4 mm.

Morphométrie.

La morphométrie selon la méthode de CAILLEUX et TRICART [3] a été faite sur les pièces supérieures à 4 mm.

Ainsi ont été déterminés l'aplatissement $\left(A = \frac{L + l}{2 E} \right)$ et l'indice d'émoissé de premier ordre $\left(I = \frac{2000 r}{L} \right)$ de 2.575 cailloux.

Il en résulte :

— I (pour silex et quartz) : très élevé à Poperinge et Zonnebeke et assez bas pour Arques;

— A : généralement bas pour Poperinge et Zonnebeke (en moyenne 1,6), un peu plus élevé pour Arques (2,0 et souvent plus).

TABLEAU 1. — Composition granulométrique du sol sec (% de poids).

	Poperinge (sable limoneux)	Zonnebeke (argile légère)	Arques (sable)
< 2 μ	6,65	18,70	4,75
2-10 μ	3,65	5,80	1,10
10-20 μ	0,75	3,30	1,15
20-50 μ	16,25	13,00	6,30
2-50 μ	20,65	22,10	8,55
50- 74 μ	2,60	1,70	0,60
74-105 μ	3,90	4,70	0,60
105-149 μ	10,25	10,60	0,90
149-210 μ	15,60	15,30	10,30
210-297 μ	14,70	9,15	62,90
297-420 μ	11,75	6,35	5,15
420 μ -2 mm	13,90	11,40	6,25
50 μ -2 mm	72,70	59,20	86,70

TABLEAU 2. — Granulométrie du gravier.

Échantillon	Poperinge		Zonnebeke		Arques	
	Poids (g)	%	Poids (g)	%	Poids (g)	%
< 1 mm	9,142	35,50	8,102	33,50	4,394	20,10
1- 2 mm	0,996	3,80	0,939	3,80	0,796	3,60
2- 4 mm	0,587	2,20	0,549	2,20	0,942	4,30
4-20 mm	4,457	17,40	4,129	17,10	4,874	22,30
> 20 mm	10,558	41,10	10,457	43,20	10,902	49,70
Totaux	25,750	100,00	24,176	100,00	21,908	100,00

TABLEAU 3. — Composition

Fraction	Nature /échantillon	Poperinge N			
		Poids ^g		%	
20 mm	Silex (cailloux)	5,299 kg	50,14		
	Silex (pièces)	5,059 kg	47,87		
	Quartz.	—	—		
	Grès rouge	0,018 kg	0,17		
	Grès gris	0,192 kg	1,82		
	Total	10,568 kg	100,00		
4-20 mm	Silex (cailloux)	1,190 kg	26,70		
	Silex (pièces)	3,000 kg	67,31		
	Quartz.	0,157 kg	3,52		
	Grès rouge	0,038 kg	0,85		
	Grès gris	0,065 kg	1,46		
	Argile (cailloux)	0,070 kg	0,16		
Total	4,457 kg	100,00			
2-4 mm		Poids	%	Nombre	%
	Silex (cailloux+pièces)	6,512 g	51,55	148	42,17
	Quartz.	4,517 g	35,76	122	34,76
	Grès rouge	0,343 g	2,72	9	2,56
	Grès gris	0,383 g	3,03	30	8,55
	Argile (cailloux)	0,842 g	6,67	35	9,97
	Charbon de bois	0,031 g	0,25	7	1,99
	Fossiles	—	—	—	—
Total	12,633 g	99,98	351	100,00	
1-2 mm	Silex (cailloux+pièces)	0,214 g	9,22	29	5,86
	Quartz.	1,451 g	62,54	272	54,95
	Argiles (cailloux)+Grès	0,639 g	27,11	191	38,59
	Charbon de bois	0,026 g	1,12	3	0,61
	Total	2,320 g	99,99	495	100,01

lithologique du gravier.

Zonnebeke				Arques			
Poids		%		Poids		%	
5,888 kg		56,38		2,339 kg		21,45	
3,225 kg		30,88		8,563 kg		78,55	
—		—		—		—	
—		—		—		—	
1,331 kg		12,74		—		—	
10,444 kg		100,00		10,902 kg		100,00	
1,799 kg		43,57		0,600 kg		12,31	
2,164 kg		52,41		4,274 kg		87,69	
0,107 kg		2,59		—		—	
0,004 kg		0,10		—		—	
0,055 kg		1,33		—		—	
—		—		—		—	
4,129 kg		100,00		4,874 kg		100,00	
Poids	%	Nombre	%	Poids	%	Nombre	%
8,525 g	59,23	147	63,91	14,208 g	88,34	292	90,40
5,512 g	24,23	56	24,35	—	—	—	—
—	—	—	—	1,876 g	11,66	31	9,60
1,192 g	8,22	23	10,00	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
1,205 g	8,31	4	1,74	—	—	—	—
14,494 g	99,99	230	100,00	16,084 g	100,00	323	100,00
1,304 g	25,21	32	7,77	3,219 g	56,00	440	74,04
1,909 g	36,91	149	36,17	1,015 g	17,34	2	0,34
1,959 g	37,38	231	56,07	1,619 g	27,66	152	25,59
—	—	—	—	—	—	—	—
5,172 g	100,00	412	100,01	5,853 g	100,00	594	99,97

TABLEAU 4. — Morphométrie.

Forme	Cailloux									
Nature	Total	Argile		Silex		Quartz		Grès rouge		Grès gris
Dimensions (mm)		4-20	> 20	4-20	4-20	> 20	4-20	> 20	4-20	
Poperinge	1296	24	308	214	479	2	111	6	167	
Zonnebeke	993	—	199	129	461	—	7	15	82	
Arques	286	—	132	154	—	—	—	—	—	

Les graviers de Poperinge et Zonnebeke semblent être dérivés de graviers inclus jadis dans les dépôts tertiaires des monts des Flandres. Des valeurs I élevées plaident en faveur d'un dépôt d'estran soumis à des fluctuations de marées intensives. On constate également une diminution du gravier.

Le gravier d'Arques, à cause de ses valeurs I beaucoup plus basses, impliquerait une autre origine. Les dépôts crétaïques de l'Artois et du Boulonnais seraient les plus envisagés. Aussi la forme plus fruste des rognons de silex impose-t-elle des valeurs I basses. Probablement, aussi l'action du gel y a contribué. Enfin, l'absence du quartz plaide pour une origine Secondaire plutôt que Tertiaire.

Pour terminer, la comparaison avec les données de CAILLEUX et TRICART, nous amène à accepter pour Poperinge et Zonnebeke, l'hypothèse de dépôts fluviatiles par climats froid ou tempéré, tandis que le gravier d'Arques nous fait penser à un dépôt de solifluxion et de cryoturbation intense.

**CARACTÉRISTIQUES ET CHRONOLOGIE
DES LIMONS ET DES SABLES DE COUVERTURE.**

Deux schémas régionaux (un pour la plaine et un autre pour les régions avoisinantes) (fig. 15 et 16) ont été dressés, dans lesquels on a essayé de grouper les principales caractéristiques des profils par ordre chronologique.

Ceci nous permet en premier lieu d'énumérer les grandes divergences régionales de la stratigraphie :

- Partout dans la plaine de la Lys il y a lieu d'observer un dépôt de couverture alluvionnaire, qui est absent ailleurs.
- Les sables de couverture sont faiblement développés dans la plaine de la Lys et ne sont pas présents au Sud de celle-ci, quoiqu'au Nord ils constituent généralement une formation épaisse.
- Dans la plaine de la Lys les trois limons récents ont tendance à être plutôt sableux; sur les plateaux nord et sud, le loess s'apparente à un limon argileux quand il est éolien, et à une formation sableuse quand il colmate une ancienne vallée.
- L'Eémien (Interglaciaire Riss-Würm) dans la plaine de la Lys se retrouve sous forme de dépôts tourbeux (voire de la tourbe pure) ou simplement de formation de sol, tandis qu'ailleurs ce sont des graviers qui se sont développés.
- Le limon ancien est partout présent dans la plaine de la Lys, mais est généralement absent ou mal conservé (Poperinge [?]) en dehors de celle-ci.

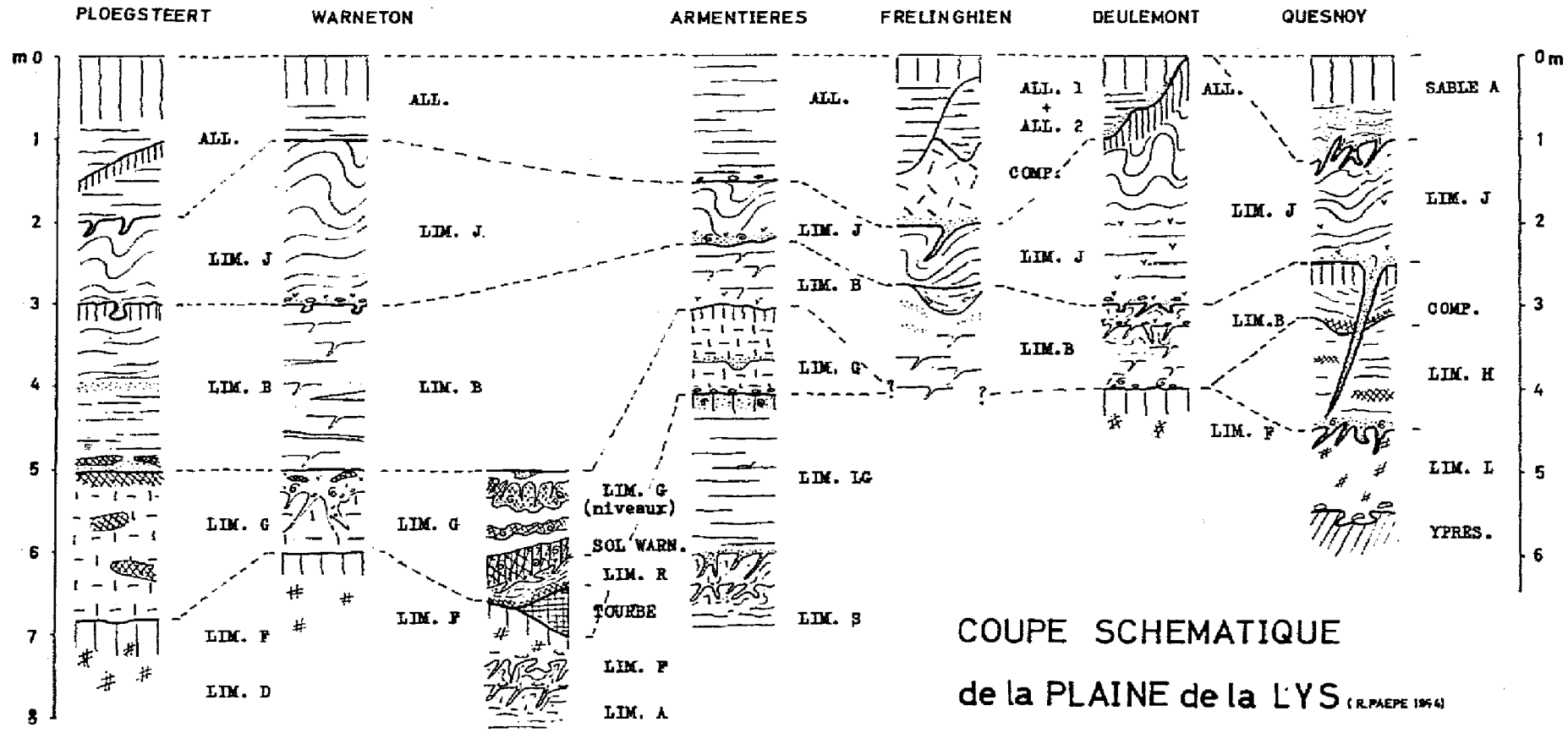
L'ensemble de ces observations nous permet donc d'établir une échelle stratigraphique pour la région gallo-belge, qui comprend à la fois des formations tant éoliennes que fluviales.

LIMONS ANCIENS.

C'est ainsi qu'on dénomme les limons antérieurs à l'Interglaciaire Riss-Würm.

Généralement, seule, leur partie supérieure est visible dans la plaine de la Lys.

En deux endroits, à Armentières et à Warneton, il y a pourtant lieu de discerner un dédoublement : il s'agit de deux limons anciens séparés par une zone de cryoturbation.



COUPE SCHEMATIQUE de la PLAINE de la LYS (R. PAEPE 1964)

FIG. 15.

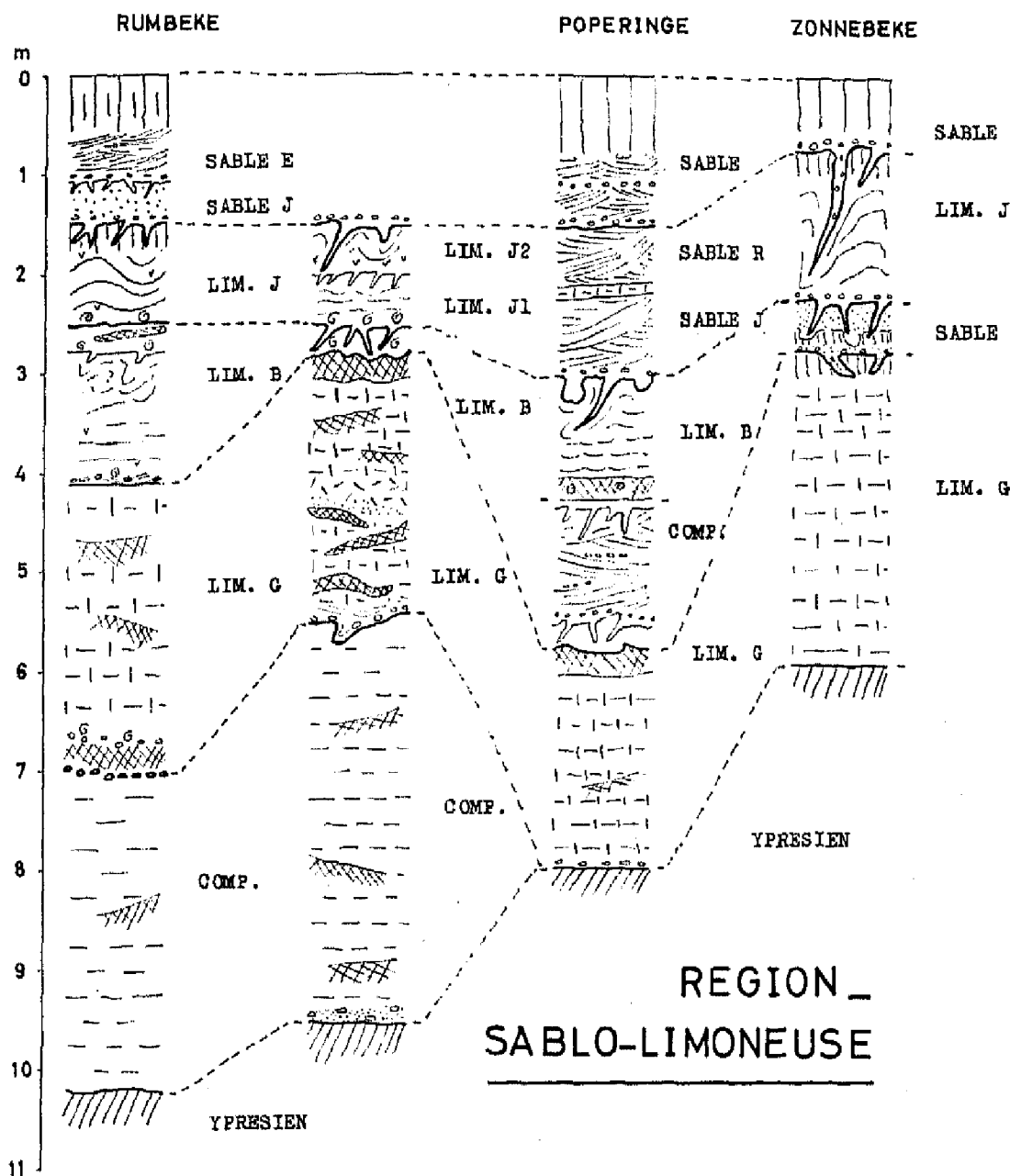


FIG. 16.

D'après leurs caractéristiques décrites ci-dessous nous les dénommerons limon Riss 1 (pour le limon ancien inférieur) et limon Riss 2 (pour le limon ancien supérieur).

Limon Riss 1.

C'est un limon sableux assez compact, gris noirâtre à verdâtre, à stratification fine et qui comporte des bandes humifères. Ces dernières ont tendance à former une zone totalement humifère (paléosol) vers la base. Au sommet, le limon perd son

caractère sableux et y est affecté de taches μ d'oxydo-réduction (zone Z. HUM. de Warneton), d'empreintes végétales ainsi que de concrétions calcaires; le tout est dérangé par une zone de fentes de gel.

Les conditions climatiques pendant la sédimentation du Riss 1 semblent donc avoir évolué de froides-humides au début, à plus froides-sèches à la fin. Cette période a probablement été précédée par une phase de solifluxion contemporaine de la formation d'un sol de steppe pour se terminer par une lehmi-fication très visible à Warneton.

Il est important d'observer que la présente description correspond à celle que F. BORDES (1954) [2] dans son étude du bassin de la Seine a donnée pour son Riss II *a*, qu'il place entre l'interstade Riss I-II et le Riss II *b*.

Interstade Riss 2 — Riss 1.

La période de transition entre le Riss 1 et le Riss 2 est marquée par une zone de solifluxion comprise entre deux zones de fentes de gel. Ce dépôt de solifluxion se serait formé pendant une période relativement plus humide et moins froide que la précédente; dès lors les blocs isolés qu'on retrouve seraient les vestiges des paléosols détruits par l'action du gel. Il se peut que cette période ait été précédée par une phase d'érosion, du fait que la zone inférieure à petites fentes de gel à Warneton semble tronquer le paléosol sous-jacent.

L'interstadaire Riss I-II de F. BORDES exprime un climat tempéré au contraire de l'interstadaire Riss I-II de I. LIEBEROTH (1963) [10] qui exprime (comme dans notre cas) un climat froid-humide avec formation de « Pseudogley ». Deux hypothèses de corrélation peuvent dès lors être préconisées :

— Ou bien les subdivisions dans le limon Riss 2 et Riss 1 ne sont pas présentes chez nous. Dans ce cas l'interstade Riss 2-1 se trouverait dans la même position stratigraphique que celui de F. BORDES, mais indiquerait des différences régionales des conditions climatiques.

— Ou bien les Riss I (*a + b*) et l'interstade Riss I-II de F. BORDES n'existent pas dans le Nord, soit qu'ils aient été entièrement enlevés par l'érosion, soit qu'ils n'aient jamais existés, soit encore qu'ils ne soient pas visibles en affleurement. Dans ce cas, notre division en Riss 2-Riss 1 serait en corrélation avec la subdivision de F. BORDES en Riss II *a* et Riss II *b*

et se rapprocherait de celle de I. LIEBEROTH pour la Saxe, mais le passage entre les deux serait alors marqué dans nos régions par une zone de cryoturbation plus intense. C'est à cette dernière hypothèse, exprimée dans le schéma ci-dessous, que nous nous rallions :

F. BORDES (Bassin de la Seine).	R. PAEPE (Nord de la France- Belgique).	I. LIEBEROTH (Saxe).
$\overline{\hspace{2cm}}$ Riss II $\left\{ \begin{array}{l} b \\ \\ a \end{array} \right.$	$\overline{\hspace{2cm}}$ Riss $\left\{ \begin{array}{l} 2 \\ \text{interstade} \\ \text{(froid-humide)} \\ \\ 1 \end{array} \right.$	$\overline{\hspace{2cm}}$ Riss $\left\{ \begin{array}{l} \text{II} \\ \text{interstade} \\ \text{(froid-humide)} \\ \text{(pseudogley)} \\ \\ \text{I} \end{array} \right.$
Interstade I-II (climat tempéré) (lehmification)	?	
Riss I $\left\{ \begin{array}{l} b \\ \\ a \end{array} \right.$		

Limons Riss 2.

C'est un limon lourd, gras, parfois argileux, gris à gris bleuâtre, finement stratifié avec des zones d'oxydation et des bandes humifères. L'ensemble du profil est criblé de petites concrétions calcaires et presque entièrement masqué par des taches de gleyification dues à la présence d'un paléosol hyromorphe, très argileux et rougeâtre vers le sommet.

La base de ce limon est caractérisée par une mince couche de sable et souvent perturbée lorsqu'il repose sur la zone à fentes de gel ou de cryoturbation. La limite supérieure forme un contact abrupt et régulier, sauf en deux endroits, Quesnoy-sur-Deûle et Poperinge (?), où l'on a pu constater une perturbation provoquée par le gel.

Le début du Riss 2 a été marqué par un refroidissement considérable de la température et, par la suite, par des conditions de température et d'humidité assez favorables à l'installation continue d'une végétation (zone humifère) au cours de cette période. Pourtant le climat était probablement plus sévère (plus froid et plus sec) par rapport à celui du Riss I, ce qui expliquerait le caractère plus éolien (c'est-à-dire plus lourd) du dépôt.

L'INTERGLACIAIRE RISS-WÜRM.

L'Interglaciaire Riss-Würm ou l'Eémien a un aspect différent selon la région qu'il occupe, comme mentionné plus haut. Le sol rougeâtre (Warneton, Deulémont et Ploegsteert) au sommet du limon Riss 2 peut être synchronisé avec le « lehm fendillé » de F. BORDES, auquel a été attribué en Belgique le nom de « Sol de Rocourt » (R. TAVERNIER et J. DE HEINZELIN, 1957) [14]. D'après J. DE HEINZELIN il est visible à Proven, donc en dehors de la plaine de la Lys. Nulle part il est superposé par des dépôts de solifluxion du même âge et semble être tronqué par des dépôts plus récents. Au contraire, comme à Warneton, il semble se superposer aux dépôts solifluidales et même tourbeux. Il pourrait donc indiquer la fin de l'Interglaciaire.

Les masses épaisses de graviers, de tourbe et de solifluxions telles qu'elles apparaissent à Rumbeke, Warneton, Poperinge, Zonnebeke et dans le canal de Neuffossé forment un autre aspect de la période Eémienne. Comme on les retrouve toujours dans des vallées creusées soit dans le substratum tertiaire, soit dans le limon ancien, on peut en déduire que leur dépôt a été précédé par une ou plusieurs phases érosives.

Le début de la sédimentation est caractérisé par un dépôt de gravier, qui peut contenir de nombreux restes de vertébrés tels que *Elephas primigenius*, *Equus caballus*, Rhinocéros, etc. Selon l'endroit, ils expriment tantôt une origine fluviale (Poperinge, Zonnebeke), tantôt solifluidale (Arques).

Au-dessus du gravier suit un dépôt de tourbe, ou tourbeux (Warneton), ou simplement une formation complexe, solifluée, caractérisée par l'alternance irrégulière de zones sableuses et limoneuses, de cailloutis et de bandes humifères (Rumbeke). Généralement l'ensemble montre une faune très abondante : *Vertigo pygmaeum* (DRAP.), *Vallonia pulchilla* (MULLER), *Vallonia enniensis* (GREDLER), *Retinella hammonis* (STRÖM), *Succinea* sp., *Pisidium obtusale* (C. PFEIFFER) et *Anisus planorbis* var. *submarginatus*.

Cette faune (J. DE CONINCK, 1962) [4] en même temps que les concrétions ferro-manganèses noirâtres (I. LIEBEROTH) très répandues dans le profil, imposent des conditions climatiques caractérisées par des alternances fréquentes de chaud-sec et de chaud-humide élevées.

LIMONS RÉCENTS.

R. TAVERNIER et J. DE HEINZELIN ont donné récemment une description assez complète des loess récents de la Belgique [13, 14].

Ces auteurs y distinguent trois subdivisions, contrairement à la subdivision double de F. GULLENTOPS (1954) [9] attribuant seulement les deux niveaux supérieurs des loess récents au Glaciaire de Würm.

Tout en admettant la subdivision triple, il est important à notre avis de faire une distinction entre les limons des plateaux et les dépôts limoneux colmatant les vallées. Dans ces derniers, on retrouve plusieurs subdivisions d'un stade qui disparaissent complètement lorsqu'on les poursuit sur les plateaux (Warneton). Aussi, certaines limites sont-elles mieux conservées dans les faciès des vallées.

Limon récent 1.

Le limon récent 1 est une formation complexe qui se soumet difficilement à une description générale. Il est rare qu'on en trouve une succession complète comme à Warneton et Rumbeke. Ci-dessous la description sera faite du bas vers le sommet en mentionnant les localités types.

Le dépôt du loess récent 1 semble être précédé par une érosion très prononcée lorsqu'il repose sur des dépôts émiens (Warneton, Rumbeke, Poperinge) mais qui se limite à quelques ravinations peu importantes lorsqu'il repose sur un substrat tertiaire (Quesnoy-sur-Deûle, Zonnebeke).

La base de ces dépôts débute par un gravier peu grossier et de faible épaisseur, réduit localement à une mince bande de cailloutis, dans une matrice sableuse. Souvent on y retrouve des restes de vertébrés, mais relativement peu ou pas de coquilles. Lorsque cette base repose sur des limons anciens (Warneton) il n'existe qu'une zone sableuse graveleuse, humifère ou peut être entièrement absente (Armentières).

Au-dessus de cette base graveleuse, on peut constater la présence d'un dépôt de soliflué (Warneton, partiellement à Rumbeke). A Warneton (LIMON R), des traces de limon fendillé sont partout visibles, ce qui fait penser au limon fendillé remanié de F. BORDES. Le même phénomène a été constaté par R. DE HEINZELIN et R. TAVERNIER à Rocourt.

Après cette phase initiale, le loess récent 1 s'annonce plus ferme avec le développement d'un faciès humifère. Ce faciès est très bien développé à Warneton et atteint presque 1 m d'épaisseur. Il peut contenir des coquilles (*Pupilla muscorum*, *Limnaea*, *Anisus*, *Columella edentula columella*) et des empreintes végétales. Tant à la base qu'au sommet il est entamé par une zone de cryoturbation avec fentes de gel. On le retrouve à Rumbeke où il repose partiellement sur les solifluxions du même âge, partiellement sur le gravier de base du Würm. Il a été détruit en grande partie.

A Armentières, où il représente la partie tout à fait inférieure du Würm, il ne forme qu'une zone sableuse humifère et coquillifère. On peut y voir une formation de sol (de steppe ?) qui, dans la classification de F. BORDES, figure sous le nom de loess récent 1 *a*. Nous préconisons pour cet horizon le terme « Sol de Warneton », du fait qu'il semble marquer de façon très ferme le début du Würm 1 dans cette région.

Le sol de Warneton est surmonté par un niveau de coquilles enrobé dans une masse sableuse-graveleuse (Warneton, Armentières, Rumbeke); celui-ci passe latéralement (Rumbeke) à des dépôts de solifluxion épais et très dérangés, dans lesquels on retrouve des plaquettes humifères provenant probablement de la destruction du sol de Warneton. C'est seulement ce coquiller dans un très faible cailloutis qui forme la base du Würm 1 en dehors des vallées (Poperinge); les coquilles peuvent avoir pénétré dans l'argile yprésienne lorsque celle-ci forme le substrat.

Vient enfin la grande masse du limon récent 1 dont l'épaisseur varie entre 2 et 3 m. C'est un limon assez lourd, mais plus sableux que le limon ancien, dont la stratification fine et l'hétérogénéité sont masqués par sa couleur, d'un gris foncé. Des bandes humifères se retrouvent de haut en bas réparties dans la masse; là où ces bandes deviennent plus ou moins continues, elles semblent être des récurrences du sol de Warneton (Warneton, Rumbeke, Quesnoy-sur-Deûle). A Warneton, quatre subdivisions dans le faciès fluvial ont ainsi été reconnues. Chaque niveau humifère (avec coquilles) y est compris entre deux zones à fentes de gel; ces dernières deviennent plus évoluées et plus fréquentes vers le haut, ce qui à notre avis pourrait indiquer un rabaissement de la température et de l'humidité. Ailleurs, il y a lieu de distinguer soit une zone sableuse graveleuse (Rumbeke, Armentières), soit une zone humifère (Poperinge, Z. HUM. 1) qui divisent le limon récent 1 seul en deux parties.

La période du Würm 1 tend à évoluer de relativement chaud et humide à plus froid et plus sec vers la fin; toutefois la récurrence des horizons humiques, niveaux coquillifères et zones à fentes de gel fait penser à des fluctuations climatiques importantes; l'évolution climatique pendant le Würm 1 s'est effectuée en gradin caractérisée par la succession de courtes périodes chaud-humide et froid-sec.

A Poperinge et à Warneton s'effectue la transition entre le faciès fluvial et le faciès plus éolien. L'épaisseur du dépôt diminue en même temps que les subdivisions disparaissent tandis que la texture devient plus limoneuse et plus homogène.

Interstade Würm 1-2.

Le sommet du limon récent 1 est couronné tantôt par une lehmification, tantôt par un sol noirâtre très prononcé. A Poperinge la transition latérale entre les deux formations pédologiques est bien visible. Il est rare de trouver ces formations pédologiques intactes puisqu'elles sont généralement perturbées par des actions cryogènes (fentes de gel, cryoturbations) ou qu'elles sont entièrement enlevées par les grandes ravinations qui ont entamé de grosses particules de loess récent 1 (Rumbeke, Quesnoy-sur-Deûle). Souvent on en retrouve que des blocs morcelés (Rumbeke, Warneton). Il est évident que le développement d'un horizon pédologique implique une amélioration du climat, ce qui nous amène à y voir l'interstade de Gottweig.

Limon récent 2.

Les limons récents 2 adoptent tout comme les limons récents 1 des positions très différentes. Tantôt ils comblent les larges ravinations de l'érosion Gottweig, tantôt ils forment une couche relativement peu épaisse hors de ces vallées. Le faciès de ces dépôts varie selon ses positions.

Le loess récent 2 s'annonce par la formation d'une zone de fentes de gel très prononcée ou de cryoturbation (Warneton, Zonnebeke), dans laquelle on retrouve des relictés du sol interstadiaire. Au-dessus suit une mince couche sableuse graveleuse avec des coquilles. Cette couche est établie sur un plan horizontal, de sorte qu'il semble avoir rasé le sol. Une action éolienne, érosive, comme l'établissement d'un « désert pavement » s'impose. Ce pavement est presque toujours présent.

Dans les dépôts du thalweg s'est établie une zone humifère

au-dessus des phénomènes d'origine froide (Deulémont, War-neton). Elle est composée par l'alternance de linéoles sableuses et limoneuses. Des empreintes végétales peuvent être retrouvées là où elle est absente.

Aux niveaux du début de cette phase se superpose le corps du limon récent 2 (généralement représenté par LIMON B). C'est un limon brun jaunâtre, friable, à stratification fine feuilletée, caractérisée par l'alternance de linéoles sableuses et limoneuses. Une multitude de fentes de gel en direction souvent parallèle se répartit dans le profil et se situe souvent à la base des zones sableuses lorsque celles-ci deviennent importantes. Généralement le faciès limoneux est criblé de pores fins; comme des empreintes végétales traversent l'ensemble de ce dépôt, les pores peuvent être causés par les racines de cette végétation. Des bandes humifères très prononcées se développent en certains endroits dans les profils.

Localement on a pu observer un faciès sableux à stratification entrecroisée avec plusieurs cailloutis épars, s'intercalant entre le faciès limoneux typique et les dépôts de base (Poperinge : COMPLEXE; Zonnebeke : partie inférieure des SABLES S). Au sommet ce faciès est délimité par une zone à fentes de gel faiblement développée, accompagnée ou non d'une zone humifère sous-jacente. Le faciès limoneux débute alors par une autre zone humifère de base qui repose sur la zone à fentes de gel (Poperinge).

Parfois le faciès typique est divisé en deux parties par une troisième zone à fentes de gel bien visible (Deulémont, Poperinge) ou par un niveau sableux moins net (Ploegsteert). Vraisemblablement, ces phases ont-elles été précédées par des ravinations (Poperinge).

Après une période humide, fluviale initiale, le climat pendant le loess récent 2 semble être devenu à la fois plus froid et plus sec par rapport à celui du limon récent 1.

Interstade Würm 2-3.

Le sommet du loess récent 2 est souvent marqué par une lehmification (Deulémont, Armentières, Frélinghien, Zonnebeke, Quesnoy, Poperinge). Il est développé sur un plan horizontal qui coupe les dépôts inférieurs, même lorsqu'il s'est établi sur un ensemble de ravinations comme à Quesnoy-sur-Deûle. Cette

lehmification est percée par des fentes et des poches de cryoturbation sans qu'elle soit entièrement détruite.

Il est possible qu'un dépôt humifère noirâtre remplace cette lehmification lorsqu'on a affaire à des formations fluviales (Rumbeke). La cryoturbation qui marque alors la base peut plaider pour ranger ce dépôt au début de la phase würmienne suivante.

La présence générale, bien établie de ces niveaux pédologiques nous pousse à admettre un âge interstadaire Würm 2-3 donc Paudorf. Remarquons que cette phase est nettement moins développée dans cette région que le Gottweig.

Limon récent 3.

Contrairement aux dépôts des limons récents 1 et 2, le limon récent 3 se retrouve de façon continue et régulièrement établie au-dessus des premiers mentionnés. Il consiste en un limon sableux jaunâtre, très friable, finement stratifié, caractérisé par l'alternance de minces linéoles sableuses et limoneuses. De grandes ondulations dues vraisemblablement aux actions cryogènes traversent la formation. Parfois une formation entièrement sableuse remplace le limon et révèle alors une stratification entrecroisée (Poperinge).

La base de ce dépôt est généralement très régulière dans les dépressions mais est, par contre, marquée par une zone de cryoturbation ou une zone très développée de fentes de gel en dehors des vallées. Exceptionnellement grandes sont les fentes de gel de Quesnoy-sur-Deûle. Cette base est immédiatement recouverte par une mince couche de sable, avec au sommet un pavement de cailloutis continu. Le sable est parfois humifère (Rumbeke) lorsqu'il s'agit d'un comblement de vallée, et très souvent coquillifère (Rumbeke, Poperinge, Armentières). Une zone à empreintes végétales se répartit en plusieurs endroits à ce niveau.

Au sommet un horizon lehmifié (horizon B textural) se manifeste très souvent. En plusieurs endroits il est fortement découpé par une zone continue à fentes de gel (Rumbeke, Quesnoy-sur-Deûle, Zonnebeke) ou par une forte perturbation cryogène.

A Frélinghien et à Poperinge des ravinations ont été observées, comblées de vallées coquillifères. Dans la masse du limon récent 3, ainsi que dans son faciès sableux, il semble possible

de distinguer un arrêt dans la sédimentation, qui se caractérise par le développement d'une faible zone de cryoturbation de fentes et d'empreintes végétales dans le faciès limoneux (Rumbeke) ou par le développement d'une bande d'argile dans les sables fluviatiles (Poperinge). On n'y attache pas une importance générale étant donné que ces faits se limitent à la région au Nord des collines de Flandre et ne se présentent pas dans la plaine de la Lys.

Au cours du dernier stade du Würm, les conditions semblent avoir été à la fois plus froides et plus sèches, la fin étant marquée par une amélioration (sol, ravinations). Cette dernière pourrait correspondre à un interstadaire par lequel aurait débuté l'Épi-Pléistocène.

SABLES DE COUVERTURE.

Les sables de couverture constituent au Nord des monts de Flandre une formation continue d'environ 2 m d'épaisseur. Dans la plaine de la Lys ils forment simplement une mince couche discontinue à la base des alluvions. Leur dépôt d'origine n'y a vraisemblablement jamais été épais (Frélinghien) quoique vers le Sud-Est de la plaine il semble croître en épaisseur.

Les sables débutent par un cailloutis dans un fond sableux établi selon un plan horizontal avec parfois à la base une zone de fentes de gel. On peut trouver une zone plus faible de fentes, également surmontée d'un cailloutis, dans le milieu de la masse sableuse. Elle sépare alors les sables à stratification entrecroisée d'un dépôt plutôt limon sableux, caractérisé par l'alternance de minces linéoles tantôt plus sableuses, tantôt plus limoneuses. Ce dernier reflète nettement une sédimentation nivéo-éolienne. Vers le sommet apparaissent des bandes de récurrence d'un horizon textural B.

ALLUVIONS DE LA PLAINE.

La cartographie des sols a révélé une nappe alluviale de couverture dans la plaine de la Lys reposant sur les dépôts loessiques, à l'exception de la région du canal de Neuffossé et de la partie à l'Est d'Armentières. Ils comblent donc une dépression peu profonde au centre de la plaine.

Cette formation est composée d'une argile sableuse assez hétérogène dans laquelle deux subdivisions (Ploegsteert, Frélin-

ghien) ont pu être observées. Le niveau supérieur ravine alors le sous-jacent, qui à son tour repose parfois sur un complexe sablo-argileux soliflué (Frélinghien) et le ravine. On trouve souvent dans les sondages un niveau humifère au lieu de ce complexe.

On peut préconiser un âge Alleröd (phase continentale) pour le complexe soliflué et humifère, tandis que les alluvions elles-mêmes correspondraient à la phase fluviale de cette même période. Il se peut que la couche alluviale supérieure soit d'âge tout à fait récent.

Ces dépôts, qui atteignent une profondeur de 6 à 7 m au centre de la plaine, suivent l'allure de la dépression. S'agirait-il d'un dépôt résultant d'une faible subsidence continue ?

TABLEAU DESCRIPTIF DU QUATERNAIRE DE LA PLAINE DE LA LYS ET SES ENVIRONS.

Alluvions : argile sableuse hétérogène; deux niveaux sont à distinguer dont le plus élevé est d'âge holocène et l'autre probablement d'âge Alleröd (faciès fluviale); parfois une zone de solifluxion se retrouve au-dessous de ces dépôts et peut être considérée d'âge Alleröd (faciès continental).

Sable de couverture : sable ou sable limoneux jaune brunâtre éventuellement divisé en deux parties par une zone à petites fentes de gel; dans ce dernier cas la partie supérieure démontre une stratification fine et horizontale et la partie inférieure une stratification entrecroisée.

Limon récent 3 : limon sableux ou sable jaunâtre respectivement avec stratification fine horizontale ou ondulée et entrecroisée; à la base existe une mince couche de sable avec un cailloutis, des coquilles et des empreintes végétales reposant sur une zone à fentes de gel; au sommet apparaît un lehm perturbé par une zone à fentes de gel qui peut se trouver soit au sommet, soit au milieu du lehm.

Interstade 2-3 : lehmification bien conservée lorsqu'il est présent.

Limon récent 2 : limon brun jaunâtre à stratification feuilletée, caractérisée par l'occurrence de bandes sableuses et la présence d'un grand nombre de petites fentes de gel dans la masse; un dédoublement en deux ou trois phases a été constaté; à la base existe une mince couche sableuse et humifère pleine de coquilles reposant sur une zone à fentes de gel; ce stade est précédé par une ou plusieurs phases d'érosion.

Interstade 1-2 : lehmification, sol noirâtre, parfois mal conservés et suivis de phases d'érosion très marquées (ravinations).

Limon récent 1 :

— partie supérieure : limon lourd gris hétérogène avec plusieurs bandes humifères et zones de fentes de gel (réurrences du sol de Warneton); à la base existe une mince couche sableuse avec des coquilles et un cailloutis.

— partie inférieure : paléosol noir (sol de Warneton) muni de coquilles, reposant sur un dépôt de solifluxion; précédé par une formation de gravier et une phase d'érosion.

Interglaciaire Riss-Würm (Éémien) :

- lehmification (sol de Rocourt) (voir sommet du Riss 2);
- formation de gravier, de tourbe et de solifluxion;
- une ou plusieurs phases d'érosion.

Limon rissien 2 : limon gris lourd calcaire, homogène, à fine stratification et avec nombreuses bandes humifères; à la base existe une mince couche sableuse; au sommet, lehmification (limon fendillé).

Interstade : solifluxion précédée par une phase d'érosion (?).

Limon rissien 1 : limon sableux gris noirâtre à fine stratification; paléosol noir à la base, lehmification au sommet; précédé par une solifluxion.

SAMENVATTING.

Voor de studie van de kwartaire afzettingen van de vlakte van de Leie werd uitgegaan van de ontsluitingen in de steenbakkerijbedrijven. De meeste zijn in de nabijheid van de Leie gelegen : Armentières, Deulémont, Frélinghien, Ploegsteert en Warneton); één ontsluiting werd opgenomen langs de Deûle : Quesnoy-sur-Deûle. Ten einde een vergelijkende studie te kunnen maken, werden enkele ontsluitingen buiten de Leievlakte eveneens onderzocht : Rumbekke, Zonnebekke, Poperinge.

Bij het opnemen van de profielen werd vooral aandacht besteed aan de verschillende lithologische facies, periglaciaire verschijnselen, fossiele bodems en fossiele horizonten. In het laboratorium werden granulometrische analyses uitgevoerd die vervolgens werden voorgesteld op driehoeksdiagrammen en DOEGLAS-diagrammen. Tenslotte werden de grintafzettingen van Poperinge, Zonnebekke en Arques volgens de methode van CAILLEUX en TRICART bestudeerd.

De regionale verschillen tussen de stratigrafische opbouw van de vlakte van de Leie en van de omgeving kunnen in enkele algemene besluiten worden vervat :

1. Het alluvium is aanwezig in de vlakte van de Leie.
2. Dekzanden zijn er zwak vertegenwoordigd en kunnen geheel ontbreken.
3. De jonge loess-afzettingen worden gekenmerkt door een eerder zandige textuur in tegenstelling tot een gewoonlijk lemige textuur.

4. De Eem-sedimenten in de vlakte zijn gewoonlijk een veen- of bodemvorming; grint werd enkel buiten de vlakte in deze stratigrafische positie aangetroffen.

5. De oude loess-afzettingen hebben een uitgesproken zwaardere, lemige textuur en werden in elke ontsluiting van de Leievlakte aangetroffen.

6. DOEGLAS-curven van de sedimenten van de Leievlakte vertonen een horizontale stoep in het interval 104-50 μ .

Tenslotte kon een stratigrafische tabel van de kwartaire afzettingen in de vlakte van de Leie en van de omgeving worden opgesteld.

SUMMARY.

Systematic research of the quaternary deposits of the River Lys plain was based on exposures obtained from the many brick-yards in that area. Out of one situated on a tributary river, La Deûle at Quesnoy-sur-Deûle, all occur in the very neighbourhood of the river Lys : Armentières, Deulémont, Frélinghien, Ploegsteert and Warneton. Exposures in brick-yards at Rumbeke, Zonnebeke and Poperinge were also surveyed in order to obtain comparative material from the environment.

Special attention was paid to lithological diversities, periglacial phenomena, fossil soils and horizons for description of profiles. In the laboratory, granulometric analyses were made and represented on triangular- and DOEGLAS-diagramms. Finally gravel deposits from Poperinge, Zonnebeke and Arques have been studied according to a method established by CAILLEUX and TRICART.

The regional differences between the stratigraphy from the River Lys plain and the environment can be summarized in the following conclusions :

1. Alluvium is present in the Lys plain.
2. Coversands are faintly developed or lacking completely in the Lys plain.
3. Recent loess deposits are characterised by a rather sandy texture instead of the generally loamy texture elsewhere.
4. Eemian sediments are represented either by peat- or fossil soil formation instead of gravel deposits outside the plain.

5. Old loess deposits have a loamy texture and are present in every outcrop of the Lys plain.

6. DOEGLAS-curves show a flat horizontal step in the 104-50 μ interval; this has been called the granulometric hiatus of the river Lys plain sediments.

An attempt was made to establish a chronological and stratigraphical scheme of the quaternary deposits of the river Lys plain and the surrounding area.

BIBLIOGRAPHIE.

1. BONTE, A., 1955 *a*, Sur la signification du Diluvium de l'Artois. (*Ann. Soc. géol. du Nord*, t. LXXV, pp. 160-173, pl. XI.)
— 1955 *b*, Vallées quaternaires remblayées dans les environs de Lille. (*Ibid.*, t. LXXV, p. 111.)
2. BORDES, F., 1954, Les limons quaternaires du Bassin de la Seine. (*Arch. Inst. Paléont. Hum.*, Mém. n° 26, 472 p.)
3. CAILLEUX, A. et TRICART, J., 1959, L'initiation à l'étude des sables et des galets, t. I, p. 376.
4. DE CONINCK, J., 1962, De studie der molluskenfauna van de Laat-Pleistocene afzettingen in het zuiden van West-Vlaanderen. (Mém., Gand.)
5. DE HEINZELIN, J., 1962, Estimation de la durée du Pléistocène basée sur l'évolution des faunes de mollusques du bassin de la mer du Nord. (*Soc. belge de Géol.*, série in-8°, n° 6, pp. 55-63.)
6. DOEGLAS, D. J., 1944, De interpretatie van korrelgrootte-analysen. (*Geologisch-Mijnbouwkundig Genootschap*, deel XV, pp. 247-327.)
7. DUBOIS, G., 1926, Notes sur la plaine de la Lys aux environs d'Armentières. (*Ann. Soc. géol. du Nord*, t. LI, pp. 267-271.)
8. GOSSELET, J., 1920, La plaine de la Lys. (*Ann. Soc. géol. du Nord*, t. XLV, pp. 146-166.)
9. GULLENTOPS, F., 1954, Contributions à la chronologie du Pléistocène et des formes du relief en Belgique. (*Mém. Inst. géol. de Louvain*, t. XVIII, pp. 125-248.)
10. LIEBEROTH, I., 1963, Lösssedimentation und Bodenbildung während des Pleistozäns in Sachsen. (*Geologie*, Jahrgang 12, Heft 2, pp. 150-186.)
11. PAEPE, R., 1959, Bijdrage tot de kennis van de bodemgesteldheid van de Zandleemstreek. (Mém., 45 p., Gand.)
— 1963, Bouw en oorsprong van de vlakte van de Leie. (Thèse, 225 p., Gand.)

12. PAEPE, R. en LOUIS, A., 1961, Invloed van de niveo-fluviale afzettingen op de bodemtextuur in de Zandleemstreek. (*Pédologie*, XI, pp. 49-60.)
 13. TAVERNIER, R., 1954, Le Quaternaire in Prodrome d'une description géologique de la Belgique, pp. 555-589.
 14. TAVERNIER, R. et DE HEINZELIN, J., 1957, Chronologie du Pléistocène supérieur, plus particulièrement en Belgique. (*Geologie en Mijnbouw*, n° 7, nieuwe serie, 19^e jaargang, pp. 306-309.)
 15. T'JONCK, G., 1953, Bijdrage tot de kennis van de vlakte van de Leie te Ploegsteert. (*Natuurwetenschappelijk Tijdschrift*, 35, pp. 97-101.)
 16. WATERLOT, G. et DELOFFRE, G., 1952, Phénomènes périglaciaires dans le Nord de la France (vallées de la Lys et de la Sensée). (*Ann. Soc. géol. du Nord*, t. LXXII, pp. 134-136.)
-