

ÉTUDE PRÉLIMINAIRE
DES ASSOCIATIONS DE MINÉRAUX ARGILEUX
DES LOESS PLÉISTOCÈNES EN BELGIQUE (*)

par J. THOREZ (**), P. BOURGUIGNON (**)
et R. PAEPE (***)

(12 figures dans le texte)

RÉSUMÉ

La composition minéralogique de la fraction argileuse (inférieure à 2 microns) d'une cinquantaine de niveaux appartenant à quatre profils du Pléistocène de la région loessique en Belgique a été établie par la diffraction des rayons X sur agrégats orientés

L'association minéralogique de la phase argileuse consiste en montmorillonite et (ou) en édifices interstratifiés irréguliers, en illite — parfois dégradée (illite « ouverte »). La kaolinite et la chlorite apparaissent comme des minéraux secondaires. Trois états de cristallinité de la montmorillonite ont été établis sur la base de la singularisation des réflexions de la série (001) ainsi que sur le « faciès » de ces réflexions. Le type de cristallinité peut varier d'un profil à l'autre.

Aucune considération génétique n'a été introduite au stade actuel de l'étude.

ABSTRACT

The clay mineral composition of the less-than two microns fraction of about fifty samples taken from four outcrops of Pleistocene loess in Belgium has been investigated by X-ray diffraction using oriented preparations.

The clay mineral association consists mainly of montmorillonite and (or) random mixed-layer clays, illite (sometimes degraded), and subordinate kaolinite and chlorite. Montmorillonite shows three grades of crystallinity distinguished by the presence and shape of the (001) reflections. The crystallinity may differ considerably from one outcrop to another.

No genetic interpretations have been considered in this preliminary study.

INTRODUCTION

Les études minéralogiques sur la nature des minéraux argileux dans le Pléistocène de la région loessique en Belgique sont restées très fragmentaires jusqu'à ce jour.

Nous présentons ici les premiers résultats d'une étude partielle. Quatre profils quaternaires ont été retenus : Tongrinne, Hauts-Sarts, Braine-le-Comte et Tubize. Leur situation géographique est rapportée à la figure 1 et leur stratigraphie détaillée

(*) Communication faite à la séance du 1^{er} juillet 1969. Manuscrit déposé le 17 février 1970.

(**) Laboratoire des Argiles de l'Institut de Minéralogie, Université de Liège, 9, Place du 20 Août, 4000 Liège.

(***) Service Géologique de Belgique, 13, rue Jenner, 1040 Bruxelles.

a été antérieurement publiée (R. PAEPE, 1965 et 1966 ; R. PAEPE et G. MORTELMANS, 1969 ; A. PISSART, R. PAEPE et P. BOURGUIGNON, 1969).

STRATIGRAPHIE ET DESCRIPTION DE TERRAIN (fig. 1 à 6)

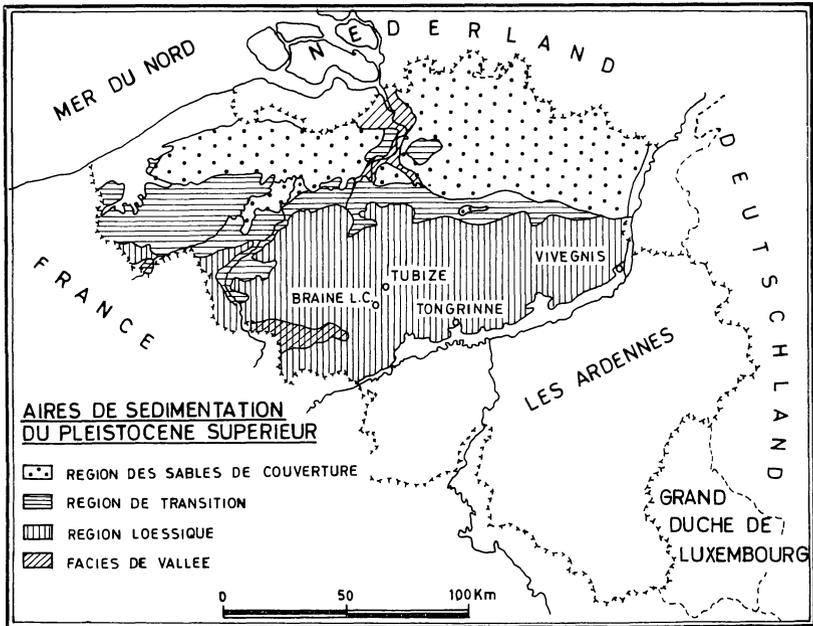


Fig. 1. — Localisation des profils étudiés.

Les quatre profils étudiés dans la région loessique se répartissent en deux catégories en fonction de l'épaisseur de la couverture loessique :

- Tongrinne et Hauts-Sarts, profils dans lesquels la couverture loessique est importante ;
- Tubize et Braine-le-Comte, profils dans lesquels la couverture loessique est faible.

I. *Tongrinne* (fig. 2).

Le weichsélien et le saalien reposent sur un substrat sableux d'âge bruxellien.
De haut en bas :

Weichsélien ;

- a. Limon de couverture, jaune-brun, avec terre-à-briques, finement stratifié à sa partie inférieure (échantillon 10), surmonté d'un horizon B textural (éch. 11) et d'un horizon Ap (éch. 12) ;
- b. Sol de Kesselt, cryoturbe : mélange de limon et de sable, avec grandes fentes au sommet (éch. 9) ;
- c. Limon brun homogène (éch. 8) ;

- d. Limon grisâtre, hétérogène et stratifié avec nombreuses petites fentes (éch. 7);
- e. Limon brun homogène (éch. 6);
- f. Sol de Warneton : limon jaune grisâtre humifère (éch. 5) avec nombreuses concrétions foncées de Fe et de Mn, notamment dans sa partie inférieure solifluée (éch. 4).

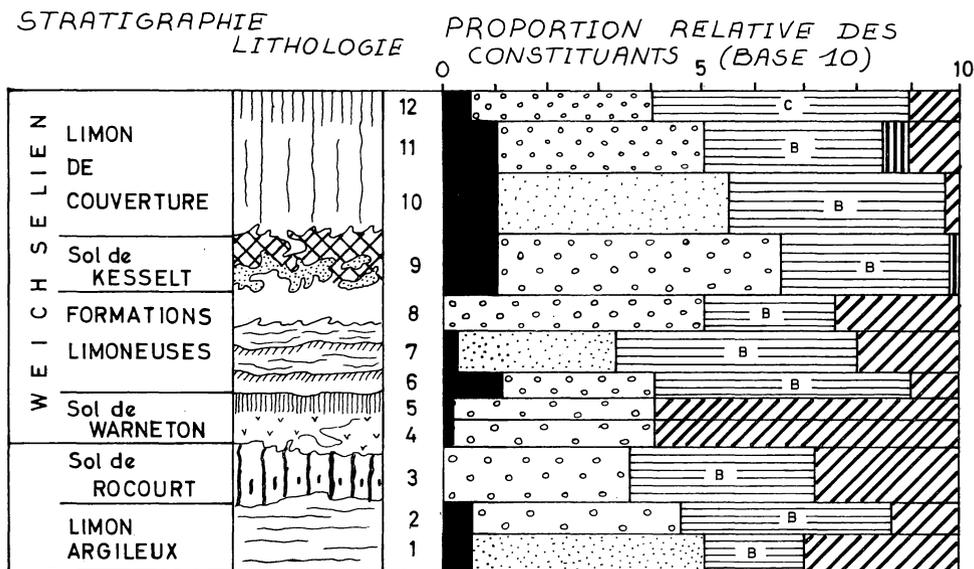


Fig. 2. — Profil de Tongrinne.

Emien ;

Sol de Rocourt : limon argileux rubéfié (éch. 3);

Saalien ;

Limon argileux (éch. 2) devenant plus sableux vers le bas (éch. 1).

Ces loess reposent, sept mètres plus bas, sur des sables bruxelliens.

II. *Vivegnis* (fig. 3).

Une même séquence weichsélienne qu'à Tongrinne se présente aux Hauts-Sarts mais sa partie inférieure y est cependant moins développée. Le Weichsélien et le Saalien reposent ici sur la terrasse moyenne de la Meuse.

De haut en bas :

Weichsélien ;

- a. Limon jaune-brun (2.5 Y 6/4) finement stratifié (éch. 126, 281, 280), avec terre-à-briques (éch. 279) surmontée de l'horizon Ap;

- b. Sol de Kesselt : limon sombre (10 Y 5/4) assez homogène dans la masse mais présentant des digitations, irrégulières de forme, et des inclusions plus sableuses (éch. 282);
- c. Limon brun olive (2.5 Y 5/6) avec fentes et à stratifications confuses (éch. 283 et 114);

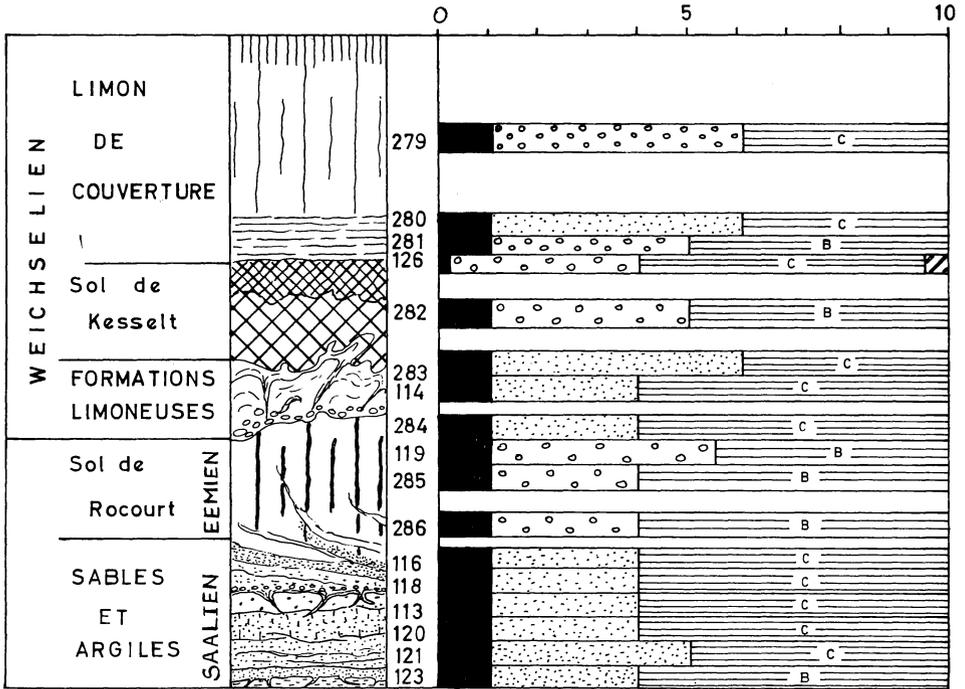


Fig. 3. — Profil de Vivegnis.

Eemien ;

Sol de Rocourt : limon argileux brun vif (7.5 YR 5/6) légèrement gleyifié (éch. 284, 119, 285) passant vers le bas à un limon sableux voire un sable limoneux (éch. 286);

Saalien ;

Limon argileux et sables nivéo-éoliens (éch. 116, 118, 113, 120, 121, 123).

III. *Tubize* (fig. 4 et 5).

Une coupe continue verticale n'a pu être obtenue sur le front d'exploitation. Deux demi-profil ont ainsi été échantillonnés, qui sont distants au plus d'un mètre. La corrélation entre ces deux coupes est facilitée par la présence d'un horizon d'âge holsteinien.

III. A. *Tubize I* (fig. 4).

Le loess weichsélien y est faiblement développé par rapport aux deux profils précédents. Il est presque entièrement envahi par la terre-à-briques (sol brun lessivé post-glaciaire).

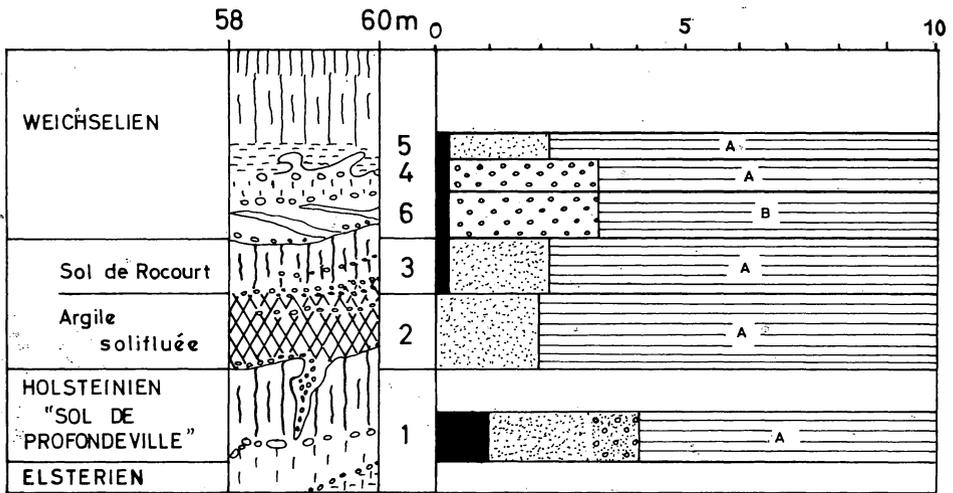


Fig. 4. — Profil de Tubize 1.

Le profil se décompose de haut en bas en :

Weichsélien ;

- Limons brun jaunâtre pâle (10 YR 6/4) avec horizon B textural plus argileux (éch. 5), passant à
- Limons plus argileux encore, présentant des figures de solifluxion (éch. 4) ;
- Limons avec intercalations de cailloutis (éch. 6) ; base ondulante. Les couches à graviers se développent latéralement sur la haute terrasse et y présentent alors des fentes de gel à leur partie inférieure. La couche à cailloutis la plus inférieure tronque le sol de Rocourt.

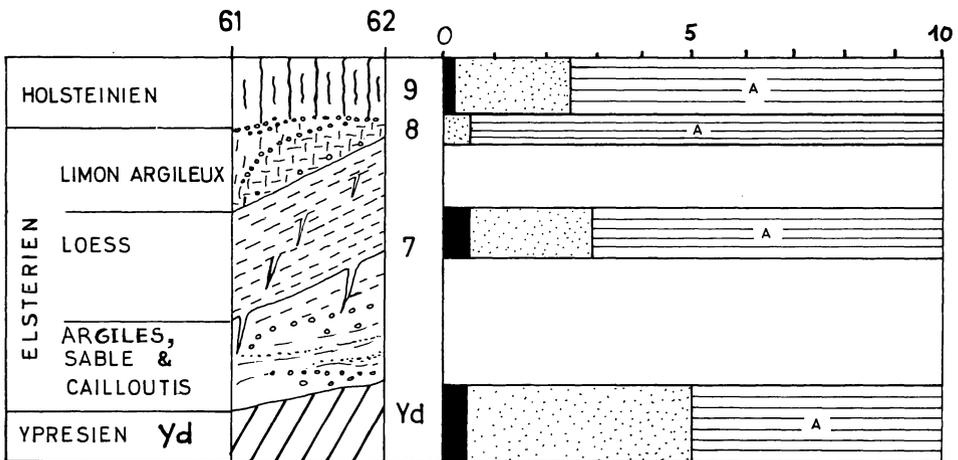


Fig. 5. — Profil de Tubize 2.

Emien ;

Sol de Rocourt : limon argileux brun foncé (7.5 YR 5/8) très marmorisé (éch. 3). Guirlandes de gley grisâtres, sont inclinées suivant la pente et irrégulièrement tronquées vers le haut par les couches à cailloutis de l'horizon sus-jacent.

Saalien ;

La base du sol de Rocourt est confuse et coiffe un niveau soliflué constitué d'un complexe de lentilles d'argile brunâtre et de limon argileux brunâtre avec nombreuses intercalations de cailloutis. La base de ce niveau soliflué est ondulante et présente quelques grandes fentes de gel (éch. 2).

Le niveau soliflué repose lui-même sur un autre sol plus gleyifié encore (niveau marmorisé) (éch. 1) dont l'âge serait holsteinien : il correspondrait ainsi au sol de Profondeville.

Holsteinien ;

Sol de Profondeville : argile massive fortement marmorisée avec taches rouges (5 YR 5/8) et réseau de guirlandes grisâtres (gley) (éch. 1).

III. B. *Tubize II* (fig. 5).

Ce profil complète, dans le sens stratigraphique descendant celui levé latéralement (Tubize I).

Holsteinien ;

Argile massive fortement marmorisée, avec taches rouges (5 YR 5/8) et réseau de guirlandes grisâtres.

Elstérien ;

- a. Limon sableux jaune, hétérogène, avec nombreuses intercalations de cailloutis (éch. 8), passant graduellement à un
- b. Limon à nombreuses fentes (éch. 7) ;
- c. Complexe d'argiles limoneuses brunes alternant avec des strates de cailloutis et de graviers comblant irrégulièrement les ravinelements du substrat.

Yprésien ;

Matériau silto-argileux, d'âge Yd.

IV. *Braine-le-Comte* (fig. 6).

Une séquence semblable à celle de Tubize y est exposée.

De haut en bas :

Weichsélien ;

Loess homogène à sa partie supérieure, soliflué à sa partie inférieure, composé de :

- a. Limon brun foncé (10 YR 4/3) avec horizon textural (éch. 106) ;
- b. Limon brun jaunâtre (10 YR 5/8) à fines stratifications lamellaires ;

- c. Limon brun jaunâtre foncé (10 YR 4/4) avec lentilles sableuses inclinées dans le sens de la cryoturbation; grandes fentes de gel à la surface supérieure.

Eemien ;

Sol de Rocourt : limon argileux brunâtre (10 YR 5/6) à horizon B textural gleyifié plus argileux et brun-foncé (7-5 YR 5/8). Guirlandes irrégulières gris-blanc inclinées dans le sens de la pente; sommet du limon inférieur irrégulier au contact du limon susjacent (éch. 104 et 105).

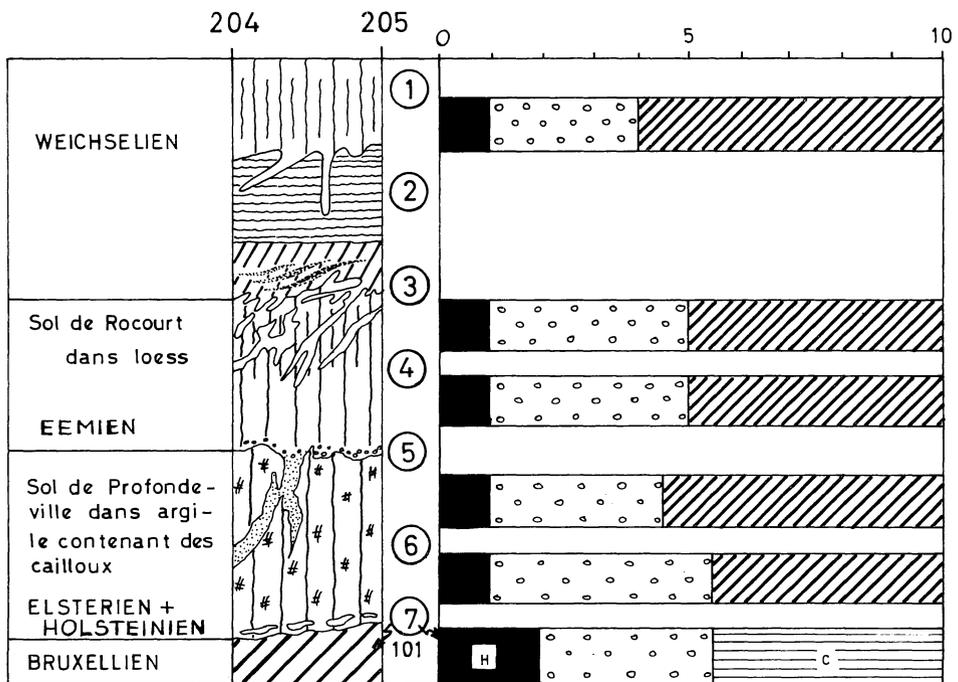


Fig. 6. — Profil de Braine-le-Comte.

Saalien ;

Limon sableux brun jaunâtre (10 YR 5/8) (éch. 103) avec quelques niveaux de cailloutis développés dans

Elstérien + Holsteinien ;

Complexe d'argile sableuse gris légèrement olive (54 YR 6/2) avec cailloux épars et poches de sable argileux brun foncé (7-5 YR 5/8).

Marmorisation intense de l'argile sous forme de taches rouges (10 YR 4/6) et dans le sable, de taches rouge jaunâtre (5 YR 5/8) (éch. 102).

Le sol rouge est assimilé à l'interglaciaire holsteinien. Un niveau de dalles gréseuses, arrachées au substrat, souligne le contact entre le sol rouge et les sables argileux bruxelliens sous-jacents dont le sommet est localement marqué par une rubéfaction intense (éch. 101).

MÉTHODES D'ÉTUDE

La détermination des constituants argileux (fraction inférieure à 2 microns) a été réalisée par diffraction des rayons X sur agrégats orientés. L'appareil utilisé est un diffractomètre Philips à anticathode de Cu et filtre de Ni; tension 38 kV et 18 mA.

Les lames orientées ont été préparées à partir de suspension contenant la fraction argileuse inférieure à 2 microns. Celle-ci a été extraite d'environ 50 gr de matière brute. Les échantillons ont été dispersés à l'aide d'eau distillée dans un homogénéiseur. Une centrifugation pendant 5 minutes à 4.500 t/m permet de concentrer la fraction la plus fine. Celle-ci est remise en suspension dans des flacons de 50 cc d'eau distillée. Après agitation vigoureuse et un temps de sédimentation de 50 minutes, 4 cc de la suspension sont pipetés et versés sur des lames de verre. Le séchage s'effectue à la température ambiante du laboratoire; les lames orientées séjournent ensuite dans une étuve à atmosphère contrôlée de 45 % RH avant d'être irradiés au naturel. En effet, les lames ainsi préparées sont irradiées sans autre traitement (échantillon au naturel). La même lame est plongée pendant douze heures en atmosphère saturée en vapeurs d'éthylène-glycol (échantillon glycolé). Le dernier test classique concerne un chauffage de deux heures à 490° C; le refroidissement se fait dans l'enceinte même du four et la lame est ensuite placée dans un dessiccateur en vue d'empêcher toute réhydratation du matériau.

Certains échantillons ont fait l'objet d'une attaque à l'acide chlorhydrique 2 N à chaud; ce test a permis de rendre compte de la présence simultanée de chlorite et de kaolinite.

D'autre part, certaines lames orientées, qui n'ont pas subi un traitement au glycol ou au chauffage, ont fait l'objet de saturations en vue de préciser les résultats de l'analyse de routine :

- *saturation au KCl*, suivie d'un traitement à l'éthylène-glycol, en vue d'apprécier l'état de dégradation (ouverture des feuillets) du matériau micacé (illitique);
- *saturation au MgCl 2*, suivie du traitement à l'éthylène-glycol, en vue de différencier vermiculite et montmorillonite, minéraux susceptibles d'être simultanément représentés dans la phase argileuse.

Des températures de chauffe à 600° C ont enfin permis de mieux mettre en évidence la présence de chlorite.

ANALYSE SEMI-QUANTITATIVE DES CONSTITUANTS ARGILEUX

L'analyse qualitative des constituants de la phase argileuse a été complétée par son estimation semi-quantitative relative. Les valeurs calculées sur la base 10 n'ont rien d'absolu; elles ont été introduites ici pour faciliter les comparaisons entre horizons et entre profils et pour rechercher d'éventuelles coupures au sein d'un profil. Chaque valeur, attribuée à un minéral de la phase argileuse, est obtenue en mesurant l'intensité des réflexions basales :

- à 10 Å (001) de l'illite, après traitement à l'éthylène-glycol;
- à 17 Å (001) de la montmorillonite glycolée;
- entre 12-14 Å des édifices interstratifiés irréguliers, après traitement à l'éthylène-glycol;

- à 14 Å (001) de la chlorite après chauffage à 490° C;
- à 7 Å (001) de la kaolinite, l'intensité de cette réflexion étant divisée par trois lors de l'évaluation quantitative des minéraux argileux du mélange (illite, chlorite, montmorillonite, etc.).

CARACTÈRES DES MINÉRAUX ARGILEUX

On trouvera dans les tableaux I à IV ainsi que dans les figures 2 à 6 les résultats de l'analyse qualitative et quantitative des différents horizons étudiés au sein de chaque profil. De plus, dans le texte, pour chacun des minéraux argileux reconnus, sa proportion relative par profil est fournie à titre indicatif.

I. *Les illites.*

Les illites fournissent un diffractogramme de réflexions de la série (001) situées à 10 Å (001), 5 Å (002) et 3.3 Å (003) c'est-à-dire occupant exactement la position des réflexions d'un mica. En principe, quand il s'agit d'un matériau apparenté aux micas, les réflexions précitées sont stables au glycol et au chauffage. Cependant, dans les échantillons analysés, deux types d'illites ont été reconnus.

Le premier type concerne des illites « fermées » dont effectivement les réflexions harmoniques sont stables aux divers traitements classiques.

Il s'agit de matériau dont la garniture interfoliaire en ions K n'a pas été intensément affectée par le lessivage.

Le deuxième type d'illite définit les illites « ouvertes » dont les réflexions harmoniques de la série (001) sont plus ou moins instables aux traitements au glycol et à la chaleur. Elles présentent différents états d'ouverture des feuillettes, ce qui se traduit par des asymétries plus ou moins prononcées de la réflexion à 10 Å, du côté des petits angles et de la réflexion 3.3 Å du côté des grands angles tandis que la réflexion à 5 Å tend à se tasser, sa base s'élargissant parallèlement à une diminution notable d'intensité. Le traitement à l'éthylène-glycol nettoie la réflexion basale à 10 Å qui fait place à une réflexion occupant la même position mais présentant un faciès plus fin; parallèlement à ce changement de faciès, on observe une remontée sensible du bruit de fond du côté des petits angles. Le chauffage plaque l'asymétrie de la réflexion à 10 Å; la réflexion résultante devient celle d'un mica. De tels comportements permettent de rapporter ce type de matériau illitique aux illites ouvertes I_M et $I + I_M$ de J. LUCAS (1963).

Dans d'autres échantillons analysés, l'asymétrie de la réflexion à 10 Å, du côté des petits angles, persiste après chauffage et ne subit aucune modification après le traitement à l'éthylène-glycol. C'est une illite ouverte du type I_C (J. LUCAS, 1963).

Les saturations au KCl suivies d'un traitement à l'éthylène glycol ne conduisent pas systématiquement à des réflexions fines et symétriques d'une illite fermée; ce comportement se traduit déjà lors des traitements classiques (chauffage et glycol) qui permettent de différencier dans la famille des illites du Pléistocène, des illites I_M , c'est-à-dire à feuillettes gonflants de nature montmorillonitique.

Exception faite pour le sol de Rocourt à Tubize, tous les autres paléosols se caractérisent par des illites ouvertes. Par contre, dans les niveaux intercalaires limoneux, l'illite est généralement du type fermé.

Il en va de même pour les horizons les plus supérieurs du Weichsélien à illite ouverte et/ou illite fermée.

Il en résulte, dans certains profils, une alternance de niveaux à illite fermée

et à illite ouverte, cette dernière caractérisant les paléosols. Cette répartition est surtout marquée à Tongrinne et aux Hauts-Sarts. A Tubize, exception faite pour la partie inférieure du Weichsélien et l'échantillon prélevé au contact de l'Holsteinien et de l'Elstérien, on constate la nette prédominance de l'illite fermée. Tandis qu'à Braine-le-Comte, c'est l'illite ouverte qui caractérise l'ensemble des niveaux étudiés. A noter également l'illite fermée dominante dans les sables et argiles saaliennes des Hauts-Sarts alors que ce dépôt est du type alluvionnaire.

Quant à la répartition quantitative de l'illite, la valeur moyenne établie sur l'ensemble des niveaux étudiés par profil est sensiblement la même :

- a. Tongrinne : 3-3.5
- b. Vivegnis : 3-5
- c. Tubize : 2-4.5
- d. Braine-le-Comte : 3-4.5

2. La montmorillonite.

Elle est identifiée essentiellement par le comportement caractéristique de sa réflexion principale à 12-15 Å au naturel, qui passe à 17 Å après traitement à l'éthylène-glycol et à 10 Å après chauffage à 490° C.

Les autres réflexions harmoniques ne se singularisent pas toujours d'une manière aussi nette. Dans certains échantillons, elles se situent, au naturel, à 7.5 Å, 5.1 Å et 3.05 Å.

Après traitement à l'éthylène-glycol, la première (7.5 Å) se déplace vers 8.8 Å sous forme d'une réflexion ou d'un épaulement évasant vers les grands angles la réflexion à 10 Å de l'illite.

Trois états de cristallinité du minéral ont pu être définis sur la base de l'examen détaillé des diffractogrammes glycolés. Cette caractérisation repose sur la présence, la singularisation plus ou moins nette et le faciès principalement des réflexions à 17 Å et à 8.8 Å (fig. 7).

L'état A caractérise une montmorillonite parfaitement élaborée et présentant une série de réflexions harmoniques bien individualisées :

- la réflexion à 17 Å de la montmorillonite glycolée est fine, symétrique et intense;
- la réflexion à 8.8 Å est bien séparée de celle de l'illite, située à 10 Å;
- la réflexion à 5.5 Å se détache parfaitement du bruit de fond.

L'état C caractérise une « montmorillonite de sol » :

- la réflexion à 17 Å revêt la forme d'une « bosse » culminant à 17 Å mais fortement évasée;
- la réflexion à 8.8 Å se traduit par une simple rupture de pente de la réflexion à 10 Å de l'illite du côté des grands angles, ou ne se marque pas sur le diffractogramme;
- la réflexion à 5.5 Å est représentée par une bosse très aplatie et peu intense, émergeant à peine du bruit de fond.

L'état B désigne une montmorillonite plus ou moins bien cristallisée :

- la réflexion à 17 Å est bien marquée, symétrique quoiqu'évasée à sa base;
- la réflexion à 8.8 Å se détache nettement sous forme d'épaulement, sur le flanc de la réflexion à 10 Å de l'illite, du côté des grands angles;
- la réflexion vers 5.5 Å se marque sous forme d'une bosse plus intense que dans l'état C.

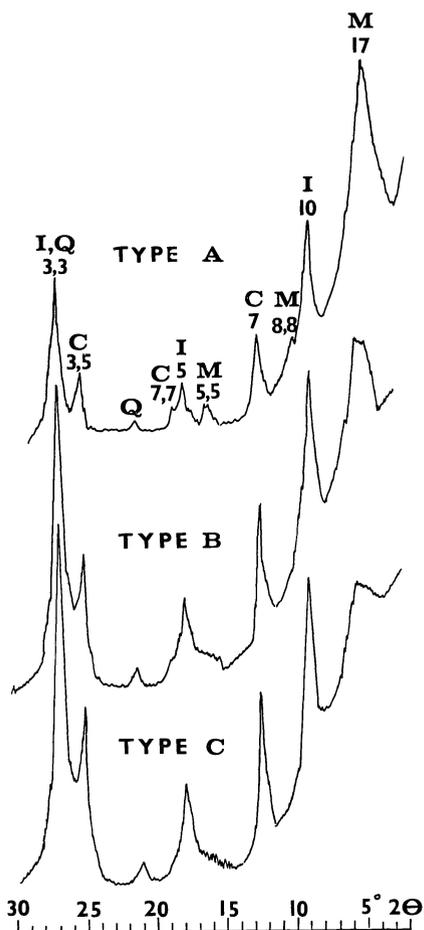


Fig. 7. — Types cristallographiques de la montmorillonite dans les profils étudiés. (Échantillons traités à l'éthylène-glycol) M = montmorillonite; I = illite; C = chlorite Q = quartz.

L'introduction de ce critère de cristallinité conduit à une analyse plus fine de la phase argileuse au sein de chacun des profils contenant de la montmorillonite (exception faite pour celui de Braine-le-Comte). Ce critère rend compte, à l'égal de l'illite, d'éléments d'appréciation différenciant essentiellement les profils entre eux comme cela sera indiqué plus loin.

La participation de la montmorillonite dans la phase argileuse est très variable :

- a. Tongrinne : 2.5-5
- b. Vivegnis : 3-6
- c. Tubize : 5-9.5
- d. Braine-le-Comte : absence de montmorillonite en tant que minéral

Dans le profil de Tubize, le niveau le plus riche en montmorillonite (éch. 8) correspond à une argile solifluée.

3. La kaolinite et la chlorite.

En l'absence de chlorite, l'identification de la kaolinite est aisée. Ses réflexions (001) à 7.1 Å et (002) à 3.58 Å sont stables à l'éthylène glycol mais disparaissent du diffractogramme de l'échantillon chauffé à 490° C. En outre, une attaque à l'acide chlorhydrique 2 N à chaud n'affecte en rien ce minéral.

Si la chlorite est présente sans kaolinite, sa séquence de réflexions harmoniques (001) à 14 Å, (002) à 7 Å, (003) à 4.7 Å, (004) à 3.54 Å est caractéristique. Le traitement à l'éthylène glycol ne modifie ni la position ni le faciès des réflexions. Par contre, le chauffage à 490° C fait disparaître du diffractogramme les réflexions d'ordre pair : à 7 Å et 3.5 Å. La réflexion à 14 Å se déplace légèrement vers les grands angles (13.6-13.8 Å) et s'intensifie. Un chauffage à 600° C renforce encore cette réflexion dans le cas d'une chlorite non dégradée. Au naturel comme après traitement à l'éthylène glycol, la réflexion basale à 14 Å de la chlorite est systématiquement cachée par celle de la montmorillonite présente dans la phase argileuse des échantillons examinés.

Toutefois, la présence de chlorite, quoique en faible proportion (traces) est attestée par sa réflexion caractéristique à 4.7 Å au naturel et à 13.6 Å après chauffage à 490° C et à 600° C.

La présence simultanée de kaolinite et de chlorite dans certains échantillons reposent sur les constatations suivantes :

- présence de la réflexion (003) de la chlorite à 4.7 Å;
- réflexion bifide 3.54-3.58 Å, correspondant respectivement à la réflexion (004) de la chlorite et (002) de la kaolinite quand on analyse les constituants argileux à une faible vitesse de déroulement; cette réflexion bifide ne se marque en fait que pour une proportion sensiblement égale de chlorite et de kaolinite en mélange. D'autre part, une attaque sélective à l'acide chlorhydrique 2 N à chaud fait place à une réflexion unique à 3.58 Å relative à la kaolinite qui n'est pas affectée par ce traitement;
- après chauffage à 490° C et 600° C, singularisation et augmentation d'intensité de la réflexion vers 14 Å de la chlorite.

Compte tenu de la faible participation dans le mélange de la kaolinite et de la chlorite, nous n'avons pas pu recourir à une estimation de l'intensité de la réflexion (003) à 2.38 Å de la kaolinite; cette réflexion est habituellement plus intense que la réflexion (006) de la chlorite occupant la même position.

Soulignons dès à présent que si la participation de la chlorite est faible dans la phase argileuse en tant que minéral individualisé, il n'en va pas de même de l'interstratification de feuillets chloritiques dans les édifices interstratifiés reconnus notamment à Tongrinne. Il s'agit habituellement d'une chlorite dégradée (intergrade chlorite-vermiculite) que l'on peut désigner par la formule (14_C-14_V) et dont la présence est notamment attestée, après chauffage, par une réflexion bifide 12-13.8 Å ou une réflexion unique à 12 Å.

La participation de la kaolinite reste néanmoins peu importante : de traces à une valeur 1 suivant les niveaux. Elle est cependant absente dans les deux niveaux d'argile solifluée à Tubize (éch. 2 et 8) ainsi que dans la partie supérieure des formations limoneuses (éch. 8) à Tongrinne. Sa présence est systématique dans tous les autres niveaux.

4. *Les édifices interstratifiés irréguliers* (fig. 8-11).

Outre la présence d'un intergrade (14_C-14_V) interprété comme le résultat de la dégradation d'une chlorite et composé d'une interstratification de feuillets chloritiques (14_C) et de feuillets vermiculitiques (14_V), d'autres édifices interstratifiés irréguliers ont été reconnus. Ils appartiennent aux types (10-14_M), (10-14_V), 10-(10-14_M) et probablement C-(14_C-14_M)-M. Les symboles 10, 14_M, C et M réfèrent respectivement

- à des feuillets illitiques (10 Å), stables au glycol et à la chaleur;
- à des feuillets montmorillonitiques (14_M) gonflant au glycol et se plaquant à 10 Å après chauffage;
- à de la chlorite (C) et à de la montmorillonite (M) engagées dans l'édifice.

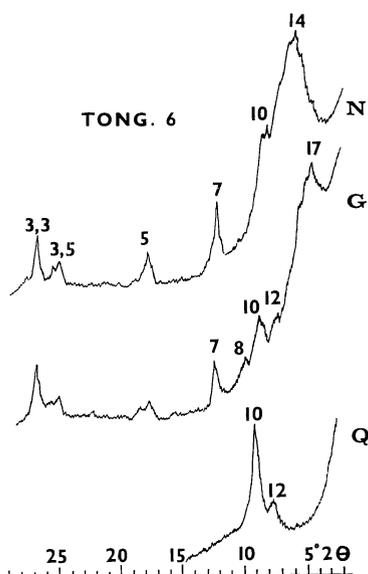


Fig. 8. — Tongrinne : formations limoneuses intercalaires. Association à montmorillonite (type B), illite ouverte, kaolinite et chlorite dégradée ou interstratifié (14_C-14_V).

Au naturel, la plupart de ces édifices ne présentent que des bandes de diffraction 10-14 Å ou 10-15 Å. Il n'existe aucun effet de pointe et le diffractogramme est très pauvre en autres réflexions harmoniques. C'est le traitement à l'éthylène glycol qui conduit à une meilleure individualisation de ces édifices. La bande de diffraction se dédouble : une réflexion plus ou moins nette se singularise vers 10 Å, présentant soit un faciès d'illite fermée, soit une réflexion asymétrique culminant vers 10 Å, l'asymétrie se situant vers les petits angles : illite ouverte ; simultanément, une bande de diffraction se marque entre 12-14 Å ou 12-17 Å ou encore 14-17 Å. Dans ce dernier cas, une réflexion (« bosse ») située vers 12 Å est voisine de la bande de diffraction 14-17 Å. Après chauffage à 490° C, le diffractogramme montre une réflexion intense à 10 Å, à pied large asymétrique en pente forte vers les grands

angles ou encore la juxtaposition de la réflexion à 10 Å et d'une réflexion, plus ou moins bien marquée, située à 12 Å (fig. 8b).

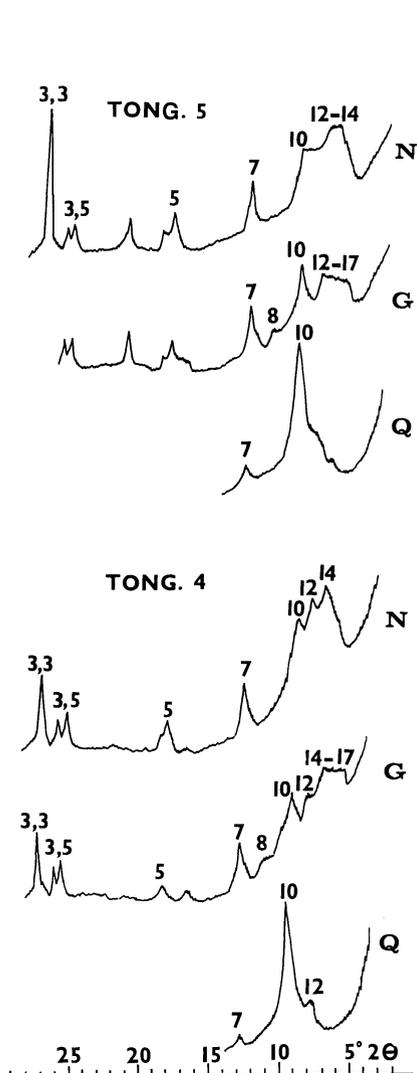


Fig. 9. — Tongrinne : Sol de Warneton. Association à illite ouverte, édifices interstratifiés irréguliers (10-14v) et C-(14c-14m)-M.

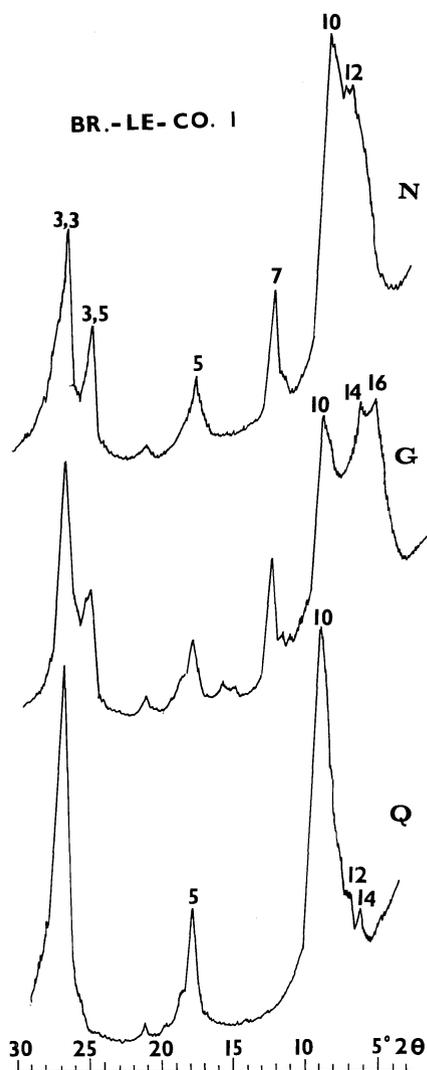


Fig. 10. — Association à illite ouverte, interstratifiés irréguliers (14c-14v) et (10-14m), kaolinite et traces de chlorite dans le Weichselien de Braine-le-Comte.

Dans la plupart des cas de niveaux à édifices interstratifiés irréguliers, on constate une ouverture très sensible des feuillets de l'illite.

Dans d'autres cas, la présence d'illite et de montmorillonite d'une part, d'édi-

fices interstratifiés irréguliers d'autre part, se marque après traitement à l'éthylène glycol, par un bruit de fond élevé entre la réflexion à 10 Å de l'illite et la réflexion de la montmorillonite glycolée à 17 Å. Ces édifices interstratifiés se singularisent parfois mieux par la présence d'une réflexion vers 12 Å, persistante après chauffage.

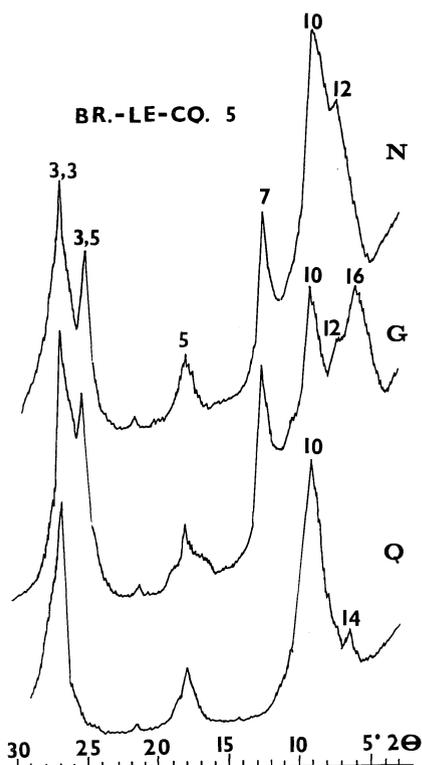


Fig. 11. — Association à illite ouverte, interstratifiés irréguliers (10-14_M) et (10-14_V), traces de kaolinite et de chlorite dans le sol de Profondeville (Braine-le-Comte); niveau 5.

Un interstratifié irrégulier répondant à la formule 10-(10-14_M) ou (10-14_M) se dénote par le faciès de la réflexion de l'illite à 10 Å. Asymétrique du côté des petits angles au naturel — l'asymétrie pouvant être en partie déterminée par la présence d'interfoliaires montmorillonitiques distribués irrégulièrement — la réflexion fait place, après traitement à l'éthylène-glycol, à une réflexion plus fine, se détachant par dessus une bande de diffraction 10-17 Å.

Répartition des édifices interstratifiés dans les quatre profils étudiés :

- a. Tongrinne : 1-6
- b. Vivegnis : traces
- c. Tubize : traces
- d. Braine-le-Comte : 3-6

ASSOCIATION DE MINÉRAUX ARGILEUX
ET/OU D'ÉDIFICES INTERSTRATIFIÉS

Nous présentons sous forme de tableaux récapitulatifs les résultats de l'analyse aux rayons X de la phase argileuse extraite des différents niveaux.

La légende des sigles introduits dans les tableaux est la suivante :

I = illite fermée; I₀ = illite ouverte; K = kaolinite; M = montmorillonite — les lettres A, B ou C accompagnant la proportion relative de ce minéral en mélange dans la phase argileuse correspondent aux trois états de cristallinité antérieurement définis. Les édifices interstratifiés irréguliers sont désignés par des chiffres arabes :

— 14 _C -14 _V	1
— 10-14 _M	2
— 10-(10-14 _M)	3
— 10-14 _V	4
— C-(14 _C -14 _M)-M	5

TABLEAU I
TONGRINNE

Horizons	n° éch.	I	I ₀	K	M	C	I	4	5	3
Limon de couverture	12		3.5	0.5	5 C	—	1	—	—	—
	11		4	1	3.5 B	0.5	1			
	10	4.5		1	4.5 B	Tr				
Sol de Kes.	9		5.5	1	3.5 B	Tr				
Formations limoneuses	8		5		2.5 B		1.5	1		
	7	3		Tr	5 B		2			
	6		3	I	5 B		1			
Sol de Warneton	5		4					3	3	
	4		4					3	3	
Sol de Rocourt	3		3.5		3.5 B		3			
Limon argileux	2		4	0.5	4 B		1.5			
	1	4.5		0.5	2 B		1			2

TABLEAU II
VIVEGNIS

Horizons	n° éch.	I	I ₀	K	M	C	
Limon de couverture	279		5	1	4	C	
	280	5		1	4	C	
	281		4	1	5	B	
Sol de Kesselt	126		3.5	T	6.5	C	
	282		4	1	5	B	
Formations limoneuses	283	5		1	4	C	
	114	3		1	6	C	
Sol de Rocourt	284	3		1	6	C	Tr
	119		4.5	1	4.5	B	
	285		3	1	6	B	
	286		3	1	6	B	Tr
Sable	116	3		1	6	C	
Sable	118	3		1	6	C	
Sable argileux	113	3		1	6	C	
Argile	120	3		1	6	C	
Argile	121	4		1	5	C	
Argile	123	3		1	6	B	

TABLEAU III
TUBIZE

Horizons	n° éch.	I	I ₀	K	M
	5	2		Tr	8 A
	4		3	Tr	7 A
	6		3	Tr	7 B
Sol de Rocourt	3	2		Tr	8 A
Arg. solifluée	2	2			8 A
Sol de Profond.	1	3		I	6 A
	9	2.5		Tr	7.5 A
Limon argileux	8	0.5			9.5 A
Loess	7	2.5		0.5	7 A
Yprésien Yd		4.5		0.5	5 A

TABLEAU IV
BRAINE-LE-COMTE

Horizons	n° éch.	I	I ₀	K	M	C	I	2	4
	1		3	1		Tr	3	3	
Sol de Rocourt	3		4	1				5	
	4		4	1			Tr	4.5	
Sol de Profondeville	5		3.5	1		Tr		3	2.5
	6		4.5	1			Tr	4.5	
Bruxellien	7		3.5	2	4.5 C				

DISCUSSION

De l'étude préliminaire des associations de minéraux argileux dans le Pléistocène de la région loessique, dont les résultats présentés ici concernent quatre profils caractéristiques, certains caractères minéralogiques peuvent être déjà mis en évidence.

I. Influence du substrat.

La nature du substrat diffère d'un profil à l'autre : sable bruxellien à Braine-le-Comte; sable yprésien à Tubize; alluvions à Vivegnis; limon à Tongrinne.

Malgré l'origine différente du substrat, on ne constate pas nécessairement une différence dans la nature des minéraux argileux entre ce substrat et les couches susjacentes ; les dépôts alluvionnaires saaliens ont la même minéralogie que les loess susjacents. Toutefois à Braine-le-Comte, si l'illite reste ouverte tant au niveau du Bruxellien que dans le profil quaternaire, un élément de différenciation concerne la montmorillonite dans le Bruxellien; celle-ci est absente dans le reste du profil.

II. Caractères communs aux quatre profils.

Bien qu'elle ne constitue nullement le minéral cardinal de la phase argileuse, l'illite est systématiquement représentée avec des degrés d'ouverture variables de ses feuillettes.

On peut tout autant considérer la présence de la kaolinite, bien qu'en faible proportion relative par rapport aux autres constituants argileux, comme un caractère commun à tous les niveaux. Exception doit cependant être faite pour les argiles solifluées à Tubize et pour le sol de Rocourt à Tongrinne. Tous les autres niveaux en contiennent d'une manière catégorique.

III. Caractères propres à chaque profil.

La différenciation générale entre les profils porte essentiellement sur la nature du minéral (montmorillonite) ou des édifices interstratifiés gonflants.

La montmorillonite est le minéral cardinal du mélange à Tubize et à Vivegnis. A Braine-le-Comte, ce sont des interstratifiés irréguliers gonflants qui dominent, exception faite du substrat bruxellien. Par contre à Tongrinne, on assiste à l'association montmorillonite-édifices interstratifiés sauf dans le sol de Kesselt.

Une qualification plus précise des profils peut être introduite grâce aux trois états de cristallinité de la montmorillonite :

- type A (montmorillonite bien cristallisée) à Tubize
- type B à Tongrinne
- type C (montmorillonite de sol) aux Hauts-Sarts.

Par rapport aux résultats obtenus par Th. CAMEZ (1962) pour les sols d'Alsace, les profils loessiques en Belgique contiennent une même proportion relative de kaolinite mais celle de la montmorillonite est nettement plus importante. En outre, dans chacun des profils qui contiennent de la montmorillonite et exception faite, une nouvelle fois, du niveau soliflué (éch. 8) de Tubize, la « fourchette » des valeurs relatives de la montmorillonite est sensiblement constante au sein de chaque profil. Ceci contraste également avec les résultats des travaux de Th. CAMEZ qui font état, pour la montmorillonite, de variations systématiques de la base au sommet des profils alsaciens.

C'est donc sur la base de l'état de cristallinité de la montmorillonite que les profils qui la contiennent peuvent être différenciés les uns des autres. On peut donc parler d'une « fiche d'identité montmorillonitique ».

Un autre critère de différenciation entre les profils porte sur la présence ou l'absence d'édifices interstratifiés irréguliers. Les profils de Tubize et de Vivegnis n'en contiennent pas. Ils sont donc propres à Tongrinne et à Braine-le-Comte.

En ce dernier point, ils constituent à eux seuls la phase argileuse gonflante tandis qu'à Tongrinne, ils sont associés à la montmorillonite. C'est à Tongrinne aussi que se ménage la seule « coupure » stratigraphique d'un profil, basée sur l'analyse minéralogique. En effet, le sol de Warneton ne contient pas de montmorillonite associée aux édifices interstratifiés; la participation de ceux-ci dans le haut du profil tend à diminuer au profit de l'illite et de la montmorillonite. Toutefois, cette coupure n'a pas été retrouvée dans les autres profils et on ne peut donc le considérer comme caractéristique. Autrement dit, dans l'état actuel des recherches il n'existe aucun « marqueur » stratigraphique de nature minéralogique dans le Pléistocène de la région loessique. Il n'y a rien d'étonnant en cela car les dépôts sont, somme toute, relativement peu épais et ont subi les mêmes influences paléoclimatiques; ceci a conduit, au sein de chaque profil, à une « uniformisation » minéralogique de la phase argileuse. Il n'en demeure pas moins que les dissemblances relevées entre les quatre profils étudiés doivent encore être interprétées. Ceci ne peut être amorcé qu'en fonction d'une analyse systématique et de proche en proche des profils de la région loessique.

Retenons aussi, comme élément de différenciation au sein de chaque profil mais aussi comme un trait commun aux quatre étudiés jusqu'à présent, la distribution des niveaux à illite fermée et à illite ouverte; cette distribution se fait en fonction du degré d'altération pédologique; l'illite ouverte étant systématiquement liée aux paléosols, indice d'une évolution pédologique du matériau parental (illite fermée dans le limon).

CONCLUSIONS PRÉLIMINAIRES

Nous avons présenté pour la première fois en Belgique une étude détaillée des associations de minéraux argileux dans des dépôts loessiques. La leçon qu'on peut en tirer est évidente. Ce premier examen a fait surgir d'autres problèmes que seule une étude de grande envergure permettra peut-être de clarifier. On peut considérer les résultats acquis jusqu'à présent comme un premier inventaire minéralogique.

Il n'en demeure pas moins que l'éventail des minéraux diffère entre profils prétendument constitués, à une même époque, par des matériaux semblables. Certes, certains niveaux ont subi des modifications dues à l'influence des paléoclimats : ce sont les différents paléosols reconnus au sein des quatre profils. Mais même ici, leur minéralogie ne diffère en rien des niveaux adjacents en dehors du degré de cristallinité des illites et des montmorillonites.

Un autre résultat fait ressortir l'absence de « marqueur stratigraphique de nature minéralogique ». Cependant, l'analyse poussée conduit à une « fiche d'identité » minéralogique.

Celle-ci est basée, rappelons-le : sur la qualité des illites; la présence ou l'absence de montmorillonite; ses états de cristallinité qui sont, en définitive, propres à chaque profil qui contient ce minéral; la présence ou l'absence d'édifices interstratifiés gonflants. Ces divers éléments, pris en considération, et loin de fournir

une « fiche d'identité » comparable d'un profil à l'autre, déterminent au contraire une différenciation inattendue. Soulignons aussi que des dépôts totalement étrangers quant à leur origine et à leur mode d'accumulation — les sables et les cailloutis saaliens aux Hauts-Sarts, par exemple — présentent des associations de minéraux argileux pratiquement semblables, quant à leur qualité et leur quantité relative, aux dépôts susjacents.

Enfin, d'un profil à l'autre, si nous considérons un niveau commun tel celui du paléosol de Rocourt, on relève une différence notable dans l'association des minéraux argileux. Ceci est illustré à la fig. 12.

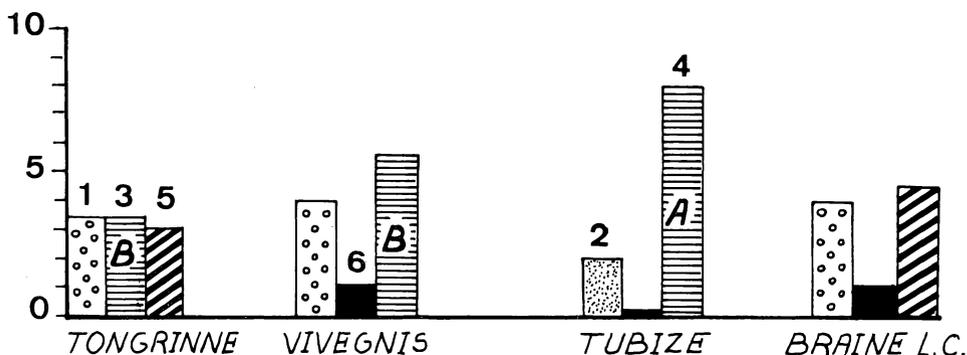


Fig. 12. — Fréquence et types d'association de minéraux argileux dans le sol de Rocourt pour les quatre profils étudiés. 1 : illite ouverte; 2 : illite fermée; 3 : montmorillonite type B; 4 : montmorillonite, type A; 5 : interstratifiés (mixed layer); 6 : kaolinite.

Tous ces résultats laissent présager des modifications dans l'interprétation des dépôts loessiques. Leur évolution semble relever de conditions différentes suivant les endroits de leur accumulation. Sans doute, des conditions locales postérieures ont-elles pu contribuer à une différenciation plus sensible encore que seul détecte l'examen par la diffraction des rayons X; il n'en demeure pas moins qu'exercées sur des matériaux aussi sensibles que les minéraux des argiles, ces influences ne feront que compliquer les interprétations génétiques.

En présentant ces résultats préliminaires, nous ne prétendons nullement avoir établi l'inventaire des associations minéralogiques des dépôts loessiques en Belgique. Une telle étude se doit d'être poursuivie de proche en proche afin d'établir leur véritable physionomie.

BIBLIOGRAPHIE

- CAMEZ, I., 1962. — Étude sur l'évolution des minéraux argileux dans les sols des régions tempérées. *Mém. Serv. Carte Géol. Als. Lor.*, 20, 90 pp.
- LUCAS, J., 1963. — La transformation des minéraux argileux dans la sédimentation. Études sur les argiles du Trias. *Mém. Serv. Carte Géol. Als. Lor.*, 23, 202 pp.
- PAEPE, R., 1965. — Briqueterie du Point du Jour. *Prof. Paper no 1. Serv. Géol. de Belgique.*
- PAEPE, R., 1966. — Comparative Stratigraphy of Würm Loess deposits in Belgium and Austria. *Bull. Soc. Géol. Belg.*, 75, pp. 203-216.
- PAEPE, R., et MORTELMANS, G., 1969. — Nouvelles observations sur les sols fossiles pléistocènes de la région Hal-Tournai. *Soc. Belg. Géol.*, 79 (sous presse).
- PISSART, A., PAEPE, R., et BOURGUIGNON, P., 1969. — Dépôts fluviaux, éoliens et paléosols sur la terrasse de Hermée. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 92, pp. 333-444.

