

LITHOLOGIE ET ASSEMBLAGES ARGILEUX DE LA SMECTITE DE HERVE ET DES CRAIES CAMPANIENNES ET MASTRICHTIENNES DANS LE NORD-EST DE LA BELGIQUE (*)

par J. THOREZ (**) et A. MONJOIE (***)

(2 figs dans le texte, 1 hors-texte et 3 planches)

RÉSUMÉ

Analyse des assemblages argileux dans la Smectite de Herve (Campanien inférieur) et des résidus de dissolution des craies campaniennes et accessoirement mastrichtiennes dans le Nord-Est de la Belgique.

La Smectite de Herve, une formation marneuse recouvrant un substrat tantôt viséen (calcaire) tantôt namurien (schiste), contient des assemblages variés où dominant soit des illites soit des minéraux de la famille des smectites (nontronite, beidellite). Chlorite et/ou kaolinite apparaissent localement ou de manière accessoire. Les interstratifiés (10-14_M) sont parfois présents.

Les craies du Campanien et du Mastrichtien contiennent des assemblages dans lesquels les minéraux smectitiques tendent à dominer sur les illites et interstratifiés (10-14_M).

On a étudié les variations cristallochimiques des illites (indice d'aigu et méthode d'ESQUEVIN) et des smectites.

ABSTRACT

Analyses have been made of the clay mineral assemblages of the « Smectite de Herve » (Lower Campanian) and of the insoluble residues of chalks (Campanian and, to a lesser extent, Maestrichtian) from north-eastern Belgium.

The « Smectite de Herve », a typical formation overlying a bedrock of Viséan limestones or Namurian shales, is characterised by various assemblages with dominant illite or dominant smectitic (nontronite, beidellite) minerals. Chlorite and/or kaolinite appear as local or accessory components. Mixed layer (10-14_M) minerals are locally present.

The Campanian and Maestrichtian chalks contain clay assemblages in which smectitic minerals tend to dominate over illites and mixed layer minerals.

Crystallochemical variations of the illites (crystallinity index and ESQUEVIN method) and of the smectites have been studied.

INTRODUCTION

Après la pénéplaine post-varisque, la transgression créacée atteint le Nord-Est de la Belgique. Elle y accumule successivement les marnes de la Smectite de Herve (Cr2), les craies campaniennes (Cr3 a et b), les craies argileuses, craies et tuffeux mastrichtiens (Cr3c).

(*) Communication présentée le 13 juillet 1971, manuscrit déposé le 19 juillet 1972.

(**) Laboratoire des Argiles, Institut de Minéralogie, Université de Liège, 9, place du Vingt-Août, B-4000 Liège.

(***) Laboratoire de Géologie Appliquée, Université de Liège, 7, place du Vingt-Août, B-4000 Liège.

Dans la région liégeoise et jusqu'à la frontière belgo-hollandaise, la Smectite de Herve représente ainsi les premiers dépôts d'âge crétacé à *Actinocamax quadratus* et *Belleminitella mucronata*.

Succédant à la Smectite de Herve, la sédimentation campanienne acquiert son caractère crayeux. Elle se charge tout d'abord en glauconite (Cr3a), en silex rudimentaires ensuite (Cr3b). Les tables de silex interstratifiées dans les craies s'individualisent au niveau du Maastrichtien (Cr3c).

L'objet de cette note est de présenter quelques compositions des phases argileuses extraites de ces différentes formations. Smectite de Herve et craies sont activement exploitées en aval de Liège, sur la rive droite de la Meuse (carrières de Hallembaye et de North). Une série de sondages les a également recoupées jusqu'au *bed-rock* ou ont atteint la Smectite de Herve. Ces sondages ont été implantés en vue des travaux d'extension des galeries captantes de la ville de Liège. La ligne de sondages s'étend depuis Hallembaye jusqu'à Omal (figure 1) suivant une direction sensiblement NNE-SSO, soit sur une distance de quelques trente-cinq Km. Les sondages de la série E ont fait l'objet d'une publication descriptive antérieure (JUNGELS, 1968). Les autres sondages sont succinctement décrits en annexe de cette note.

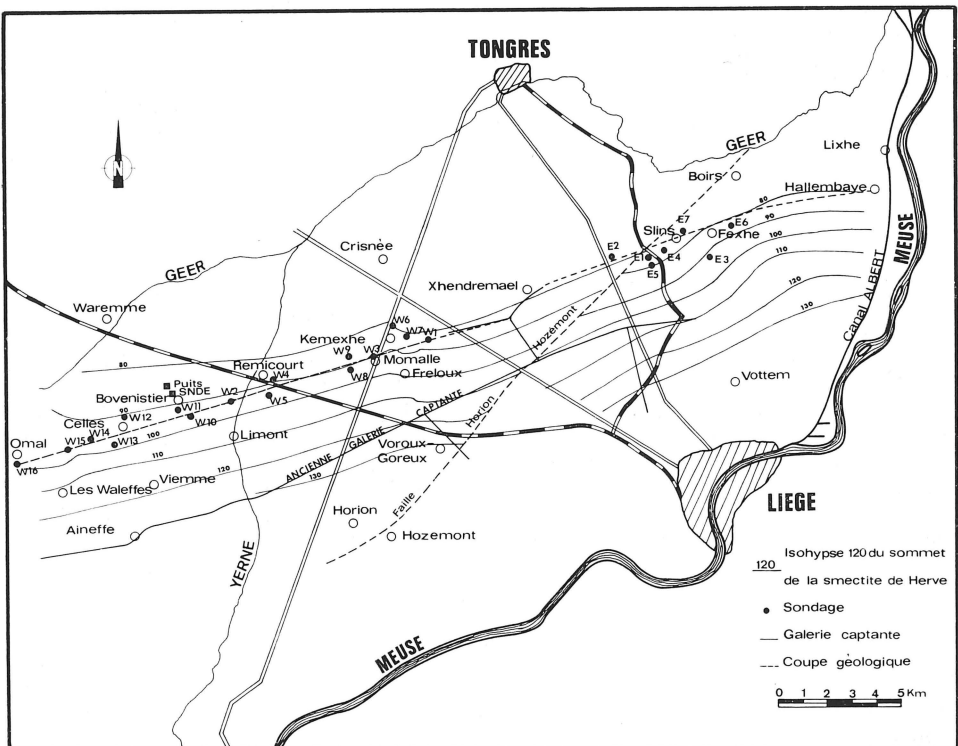


Fig. 1. — Localisation géographique et isohypses du sommet de la Smectite de Herve.

Ces sondages ont permis de définir l'allure générale et régionale de la Smectite de Herve et des craies campaniennes qui la surmontent, et de mettre en évidence

les principales anomalies structurales. Certains traits géologiques et stratigraphiques encore mal connus à ce jour ont pu ainsi être établis.

I. RÉSULTATS GÉOLOGIQUES ET STRATIGRAPHIQUES

Nous passerons en revue les faits géologiques et structuraux suivant l'ordre stratigraphique descendant.

A. Les formations crayeuses.

Au-dessus de la Smectite de Herve, la craie campanienne débute par un horizon de craie glauconifère à glauconitique, passant vers le haut à la craie blanche à silex sporadiques. La craie glauconifère (Cr3a) a une puissance généralement inférieure au mètre, sauf en W8 (1,5 m), W10 (2 m) et W16 (2 m) (hors texte).

Dans la craie blanche, les bancs de silex sont peu nombreux. Ils se présentent toutefois en bancs compacts en W6 (entre les profondeurs de 44 et 48,5 m) et dans tout le secteur Est (sondages E1 à E7) où leur distribution peut atteindre 80 % de la formation.

L'allure générale du bombement de Kemexhe est particulièrement nette sur son flanc Est. L'importante fracturation observée dans les craies du sondage W6 laisse supposer un rejeu par faille, avec effondrement du comportement Est, (quelques mètres) par rapport au compartiment Ouest.

Quant à la faille de Horion-Hozémont, elle présente dans la craie un rejet de l'ordre de 3 à 5 mètres dans la région de Couvenaille. Elle a également entraîné une fracturation importante des formations campaniennes dans ce secteur.

B. La Smectite de Herve. (Cr2)

B.1. *Lithologie.*

Le matériau marneux, de teintes vert, gris-vert, gris foncé, est loin d'être homogène. La fraction carbonatée varie en moyenne entre 20 et 35 %. Des rognons de pyrite ou de marcasite y abondent. Un petit conglomérat souligne fréquemment la base de la formation; il se compose de cailloux arrondis de quartz, quartzite, grès, schiste, accessoirement de calcaire.

Vers le sommet, la Smectite devient plus crayeuse et se charge en glauconite. Elle passe ainsi, très rapidement, à la craie glauconifère (Cr3a). L'abondance de glauconite décroît ensuite dans les craies susjacentes (Cr3b).

B.2. *Épaisseur.*

D'Est en Ouest et du Nord au Sud par rapport à la ligne de sondages, la Smectite de Herve présente des variations d'épaisseur très sensibles (tableau I).

B.3. *Isohypses du sommet.*

La Smectite de Herve est une formation sensiblement horizontale. Cependant les isohypses de son sommet présentent des anomalies (fig. 1).

Dans le secteur Est, au-delà de la faille de Horion-Hozémont, les isohypses sont orientés sensiblement N 60° E, avec une pente de 1 à 1,5 % vers le Nord.

A l'Ouest de la faille — qui décale la formation d'environ 5 mètres — l'orientation des isohypses est N 80° E. La pente est d'environ 1 à 1,5 % vers le Nord.

TABLEAU 1

Épaisseur de la Smectite dans le secteur étudié.

Localité, région	épaisseur en mètres
Hallembaye (carrière)	18-20
Fexhe-Slins et Xendromael (sond. E1 et E7)	10-12
North-Lanaye (lacune du Campanien)	0
Remicourt (W5)	1-1,5
Celles et Omal (W15 et W16)	0-0,8
Bovenistier	4-6
Waleffe-St-Georges	10
Wremme	+ de 20

Des anomalies sont à signaler dans la région de Kémexhe-Momalle : les isohypses y décrivent un large bombement dont l'origine est probablement à rapporter à l'influence de la faille de Horion-Hozémont.

La tectonique du socle reste mal connue. Il est probable aussi que les failles de socle, notamment celle de Horion-Hozémont, ont joué au Secondaire. Il en serait de même des failles radiales à Vottem, Viemme et Aineffe.

C. Nature du socle.

Au Sud et à l'Est de la faille de Horion-Hozémont, la Smectite de Herve repose sur le calcaire viséen ou du moins sur une argile rouge de décalcification (LEGRAND, 1967).

A l'Ouest de la faille, le substrat de la Smectite est constitué de schistes ou de grès d'âge Silurien.

En l'absence de Smectite (sondages W15 et W12) c'est la craie glauconifère (Cr3a) qui repose directement sur le bed-rock.

Rappelons également l'existence de pointements de roches éruptives dans la région de Voroux-Goreux.

II. ANALYSE MINÉRALOGIQUE DES PHASES ARGILEUSES

A. Matériau et méthode d'étude.

La Smectite de Herve a été prélevée à une maille serrée dans les différents sondages l'ayant recoupée. Des échantillons ont été analysés ainsi dans la masse de la formation, aux épontes avec le passage de la marne à la craie glauconifère et avec le passage au *bed-rock* (argile de dissolution, schistes argilisés). A l'occasion des

sondages, des prélèvements ponctuels ont été effectués dans la masse crayeuse en vue d'établir le contenu argileux des résidus insolubles et de le comparer avec celui de la Smectite.

Les fractions argileuses ont été extraites à l'HCl (0,05N) et analysées sous forme d'agrégats orientés par diffraction des rayons X : échantillon au naturel, après traitement à l'éthylène glycol, après chauffage (490° C), après saturation au MgCl₂ suivie du traitement au glycérol.

Une analyse au microscope électronique a permis de préciser les « faciès » des minéraux (planches photographiques 1 à 5).

L'absence de phase monominérale à smectite (*) a empêché le recours à la méthode thermique de caractérisation (TRAUTH et al., 1968).

Au point de vue quantitatif, les valeurs numériques présentées dans les tableaux 2 à 5 indiquent la fréquence relative des composants argileux comptée sur base de 10 (*association totale* = 10). Ces valeurs ne correspondent à aucun pourcentage absolu et ne sont introduites qu'à titre indicatif pour marquer des variations relatives d'échantillon à échantillon. Elles sont établies au départ de la mesure des intensités des réflexions principales après traitement à l'éthylène glycol. Par convention l'intensité de la réflexion à 7 Å de la kaolinite a été divisée par trois.

Dans la description des interstratifiés irréguliers du type (10-14_M), on a utilisé une formulation appropriée publiée antérieurement (THOREZ et al., 1973).

Au point de vue qualitatif, on a appliqué divers critères supplémentaires dans la caractérisation des composants :

- distinction entre illite à *pic aigu*, à *pic large* et illite *ouverte* (TRAUTH et al., 1968; LUCAS, 1963)
- utilisation de l'indice d'aigu I_a;
- détermination de la *composition chimique* Al₂O₃/FeO + MgO de la couche octaédrique des illites par la mesure du rapport d'intensité (002)/(001) (ESQUEVIN, 1969);
- distinction des *variétés « cristallographiques »* des minéraux de la famille des smectites (THOREZ et al., 1968);
- estimation de la *proportion relative des feuillets gonflants* des smectites à l'aide des courbes de REYNOLDS (1970).

B. Résultats minéralogiques.

Les assemblages qualitatifs et semi-quantitatifs sont présentés dans les tableaux 2 à 7. Ils concernent l'analyse des matériaux du substrat (argile de décalcification et schistes namuriens), la Smectite de Herve dans les différents sondages et affleurement, les craies campaniennes, les craies mastrichtiennes (analyse ponctuelle). On a ajouté quelques résultats concernant le conglomérat à silex.

B.1. Smectite de Herve et matériaux du substrat.

En sondage, la distinction entre les schistes namuriens « argilisés » et la Smectite de Herve qui les surmonte n'est pas toujours aisée : la couleur des matériaux est

(*) Terme recouvrant tout minéral qui saturé ou non au MgCl₂ « gonfle » à 17 Å à l'éthylène glycol et s'écrase à 10 Å après chauffage.

semblable. Le tableau 2 fournit quelques résultats d'analyse minéralogique relative aux schistes namuriens et aux argiles de décalcification de calcaire viséen. Dans les premiers, l'assemblage est composé pour l'essentiel d'une illite bien cristallisée (indice d'aigu $I_a = 3,5-4$) relativement alumineuse avec chlorite ou interstratifié (10-14_M) lequel peut être le minéral cardinal; dans l'argile de décalcification, la smectite (type beidellite) prédomine sur une illite à pic large.

TABLEAU 2

Composition minéralogique de quelques matériaux du substrat
W15 et W16 : namurien; E5 : argile de dissolution.

N° Sondage N° Éch.	Nature et fréquence des minéraux argileux					Indice d'aigu I_a	ES
	I	Sm	K	C	(X)		
W16 1341	6,6			2,7	0,7	4	0,37
1349	5,4	1 _C	0,6	3		3,5	0,5
1347	5,7		0,6	2,7	1	3,5	0,42
7							
8							
E5 73	2,4	7,6 _B				6	0,5
74	2,5	7,5 _B				6	0,6
W15 495	3,5				6,5	> 10	0,17

Le tableau 3 donne les compositions qualitatives et semi-quantitatives dans différents échantillons de la Smectite de Herve. Tour à tour illite ou smectite (beidellite, nontronite) domine; les interstratifiés, la chlorite, la kaolinite sont occasionnels; localement la smectite peut faire défaut et la phase argileuse (sondage W6) est à illite ouverte associée à une phase interstratifiée gonflante (10-14_M).

L'illite présente des caractéristiques « cristalochimiques » variables. Elle appartient aux variétés à pic aigu, à pic large ou franchement ouverte. La composition de sa couche octaédrique (méthode ESQUEVIN, 1969) est comprise entre un pôle très alumineux (1(002)/1(001) > 0,77) et un pôle peu alumineux (= 0,17). La distribution des indices d'aigu I_a et des rapports ESQUEVIN est indiquée schématiquement dans le tableau 4.

Dans les cases notées (1), (2) et (4) du tableau 4, le polymorphe de l'illite est soit 2M₁ soit un mélange de 2M₁ + 1Md. Dans les cases (3) et (5), le 1Md tend à prédominer. On constate ainsi, parallèlement au changement de polymorphe, une

modification dans la composition même de la couche octaédrique (qui prend un caractère « glauconitique » singularisé par ailleurs au microscope par l'apparition de plages de glauconite) et une « ouverture » des feuillets (l'illite devenant plus ouverte).

TABLEAU 3

Composition minéralogique de la fraction argileuse de la Smectite de Herve.

I = illite; Sm = smectite : variétés : bien cristallisée (A); moyennement bien cristallisée (B) et mal cristallisée (C); K = kaolite; C = chlorinite; (X) = édifice interstratifié irrégulier (10-14_M); ES = rapport ESQUEVIN : I(002)/I(001) de l'illite.

N° Sondage et N° Éch.	Nature et fréquence des minéraux argileux					Indice d'aigu I _a	ES.
	I	Sm	K	C	(X)		
W16 1355	5		1,5	2,5	1	5	0,32
1344	6	2 _C	Tr	2		4	0,4
W14 1350	2	8 _B				6	0,26
W13 1357	4,6	5,4 _B				7	0,4
1348	3,4	6,6 _B				>10	0,22
W11 1339	2	8 _B				7	0,5
1361	2,6	7,4 _C				>10	0,36
W10 1360	1,3	8 _B			Tr	>10	0,43
1342	1,5	8 _B			Tr	>10	0,4
W5	3	7 _B				6	0,3
W8 1340	3,6	6,4 _B				7	0,2
1345	4,2	5,8 _C				7	0,16
W9 1356	3,8	5,4 _C			0,8	>10	0,2
W3 60,5 m	3,3	7,7 _C		Tr		5	0,5
60,8 m	2	8 _{CB}		Tr		>10	0,45
W6 1338	7,5				2,5	>10	0,15

TABLEAU 3

N° Sondage et N° Éch.	Nature et fréquence des Minéraux argileux					Indice d'aigu I_x	ES.
	I	Sm	K	C	(X)		
W7 1362	3,5	6,5 _C				>10	0,27
	6	4 _C				>10	0,16
E5 63 m	1	9 _A				>10	0,5
	71 m	1,5	8,5 _A			10	0,77
	72,8 m	1,8	8,2 _A			5	0,44
HALL 1	1	9 _A				6	0,4
	2	1,5	8,5 _A			8	0,4

TABLEAU 4

Caractérisation cristallochimique des illites.

I_a = indice d'aigu; ESQ. = rapport 1(002)/(001) ou $Al_2O_3/FeO + MgO$; Mu = composition de muscovite; Ph. = phengite; Bio. = biotite. Les croix indiquent les cas rencontrés; la mise entre-parenthèses marque le caractère occasionnel.

I_a	~ 3	~ 6	≥ 10
	ESQ.		
Mu	+(1)	+(2)	+(4)
Ph.			(+)
Mu + Bio.		+(3)	+(5)
Bio.			

Au point de vue quantitatif, le contenu en minéraux argileux peut varier d'une manière très sensible d'un échantillon à l'autre, à la verticale d'un même sondage, et davantage encore d'un sondage à l'autre. Aucune relation ne s'individualise entre les caractères « cristallochimiques » I_a et rapport d'ESQUEVIN d'une part et le taux en illite.

Il existe par ailleurs une certaine parenté entre le sédiment marneux et le substrat schisteux argilisé (cas du sondage W16) et entre ce même sédiment et l'argile de décalcification sur laquelle il repose (sondage E5). Cette parenté est attestée, en outre, par la présence, dans les échantillons de la Smectite de Herve du sondage W16 d'acritarches rapportés à un âge Silurien (*communication verbale de M. VAN-GESTAINÉ*). La « *filiation* » est donc évidente : il y a eu incorporation par héritage, ou mieux « *cannibalisation* » du schiste namurien délité à la nouvelle sédimentation marneuse, le gradient s'inscrivant seulement dans le *taux* en carbonate.

En ce qui concerne le composant *gonflant*, les tests en laboratoire montrent qu'il s'agit d'une nontronite ou d'une beidellite. Les faciès au microscope électronique sont présentés pour diverses formations dans les planches annexées.

Les états de cristallinité (THOREZ et al., 1968) sont répartis entre les variétés A (*smectite bien cristallisée*), B (*smectite moyennement bien cristallisée*) et C (*smectite très mal cristallisée*). Cette dernière variété et la variété intermédiaire B dominent cependant.

Les courbes de REYNOLDS (1970) indiquent dans les diverses smectites une proportion relative en feuillets gonflants comprise entre 45 % et 100 %. Dans le cas d'une distribution incomplète des feuillets gonflants à 17 Å, il s'agit d'interstratifiés (illite-montmorillonite) ou (illite-smectite).

B.2. Craies campaniennes et, accessoirement, mastrichtiennes.

Au niveau de la craie Cr3a ou craie glauconifère, la fréquence en matériaux à espacement à 10 Å reste importante si l'on compare cette fréquence pour les craies plus tardives (Cr3b et Cr3c) (tableaux 5 et 7). La fréquence en illite oscille en effet entre 2 et 7/10 et est fonction du contenu en glauconite.

Dans le Cr3a, les variétés d'illite à *pic aigu*, à *pic large* et *ouverte* sont toutes représentées. La composition de la couche octaédrique varie depuis des valeurs < 0,1 jusqu'à des valeurs égales à 0,5. Aux valeurs les plus basses du rapport ESQUEVIN correspond le caractère glauconitique le plus affirmé de cette formation.

La phase smectitique comporte occasionnellement de la nontronite, mais c'est surtout la beidellite qui prédomine. En outre un tiers des échantillons contiennent une fraction ou des traces de chlorite.

Dans le Cr3a ou craie blanche, le contenu en illite tend à diminuer par rapport à celui du Cr3a : le taux est inférieur à 4. Interstratifiés (10-14_M) et chlorite sont présents avec des fréquences de l'ordre de 1 à 2. La phase gonflante est représentée par une beidellite, minéral devenant cardinal dans le mélange de composants; il n'existe pas de phase monominérale à smectite seule.

Dans le Cr3c (maastrichtien) (tableau 6) l'assemblage est à illite-montmorillonite avec interstratifiés, (10-14_M) chlorite occasionnelle. La kaolinite apparaît à Lixhe. Les illites sont le plus souvent ouvertes et leur composition tend à devenir plus alumineuse.

A titre indicatif nous fournissons quelques données analytiques pour les argiles à silice : la phase gonflante, une beidellite, y est largement prédominante sur les autres constituants.

TABLEAU 5

Composition minéralogique de la fraction argileuse de quelques échantillons de craie Cr3a et Cr3b (Campanien).

N° Sondage et N° Éch.	Nature et fréquence des Minéraux argileux					Indice d'aigu I_a	ES
	I	Sm	K	C	X		
W15 41 m	Tr	10 _C			Tr	—	—
42,5 m	3	7 _C				8	0,27
43 m	2,3	6,7 _B			1	8	0,16
1352	6,6	1,4 _C	Tr	2		3	0,37
1358	7	3 _C		Tr		> 10	0,42
W14 1354	3	7 _C		Tr		10	0,32
1350	2	8 _B				6	0,26
W12 1353	5,5	2 _C		1	1,5	> 10	0,18
1343	5,7	4,3 _C				> 10	0,1
W6 1351	6,4	2 _C		1,6		4	0,34
W3 52,5 m	1	8 _B		1		> 10	0,2
55,5 m	3,5	6,5 _B				non dét.	non dét.
59 m	3	7 _A				7	0,31
60 m	2,5	7,5 _A				7	0,2
W7	3,5	6,5 _C				> 10	0,27
W5 36 m	3	7 _C				6	0,3
E5 31 m	3,7	3,7 _C		Tr	2,6	> 10	0,5
44 m	3	7 _C				> 10	0,2
50 m	3	6 _B		1		> 10	0,37
57 m	4	4 _C			2	5	0,28

TABLEAU 6

Composition minéralogique de la fraction argileuse de craie Cr3c (Mastrichtien).

N° Sondage et n° Éch.	Nature et Fréquence des Minéraux argileux					Indice d'aigu I_a	ES
	I	Sm	K	C	(X)		
W3 7 m	1	8,5 _B		0,5		>10	0,1
8 m	2,5	7,5 _A				7	0,3
Argile 10 m à silex 11 m	2	8 _C		Tr		>10	0,45
11 m	2,3	7,7 _C		Tr		5	0,5
12 m	6		Tr	2	2	2	0,6
E5 10 m	3	6 _C			1	>10	0,5
15 m	2	8 _B				4	0,5
16 m	2,5	5 _C			2,5	>10	0,5
Cr3C 20 m	2	7,5 _B		0,5		>10	0,5
21 m	4,2	3 _C		1,4	1,4	>10	0,5
25 m	5	5 _C			Tr	10	0,4
Lixhe 39 m	2	8 _B				>10	91
41 m	2,3	7,7 _A				10	0,12
Cr3c 49 m	4,5	3,5 _C	2			5	0,34
60 m	9	Tr	1			5,5	0,5

Les tendances cristallochimiques des illites (indice d'aigu et rapport ESQUEVIN) pour les craies campaniennes et mastrichtiennes sont résumées dans le tableau 7 ci-dessous :

TABLEAU 7

Distribution stratigraphique des caractéristiques cristallochimiques des illites.

I_a = indice d'aigu (TRAUTH et al. 1968); ESQ. = rapport ESQUEVIN (1969). Mu = composition de muscovite; Ph. = phengite; Bio. = biotite. Les croix indiquent les cas rencontrés; la mise entre parenthèses marque la distribution occasionnelle.

	I_a								
	~ 3	~ 6	≥ 10	~ 3	~ 6	≥ 10	~ 3	~ 6	≥ 10
ESQ.									
Mu			(+)			(+)		+	+
Ph.	+					(+)		+	
Mu + Bio.		+	+		+	+			
Bio.			(+)						+
		Cr3a			Cr3b			Cr3c	
	Campanien						Mastrichtien		

A titre indicatif également, on présente les variations du contenu en insolubles des craies et de la Smectite de Herve dans la carrière d'Hallembaye (fig. 2). On constate, en particulier, qu'aux maxima en insolubles (dont la fréquence oscille entre 1 et 10 %) correspondent les maxima en fréquence relative en illite dans la phase argileuse. En d'autres termes, quand le contenu en illite augmente relativement dans la phase argileuse, par rapport aux autres composants, le pourcentage en insolubles y est étroitement lié.

CONCLUSION

Cette étude minéralogique détaille la nature de la phase argileuse dans diverses formations du Crétacé dans le Nord-Est de la Belgique. On y met en évidence des mélanges où tout à tour les illites (diverses variétés cristallochimiques) ou les smectites (nontronite, beidellite, montmorillonite) prédominent; chlorite, kaolinite et interstratifiés ($10-14_M$) interviennent occasionnellement ou demeurent accessoires. Les compositions minérales de la Smectite sont éminemment variables d'un sondage à l'autre. Ces gradients minéralogiques existent tout autant dans les épaisseurs de la Smectite dans le secteur étudié; ils sont très rapides en horizontale et en verticale.

Certain parenté existe entre le sédiment marneux (Smectite de Herve) et le substrat (argiles de décalcification de calcaire viséen; schiste silurien argilisé);

elle est corroborée par la présence, dans les deux matériaux — schistes et Smectite sur schiste namurien — d'assemblages d'acritarches identiques.

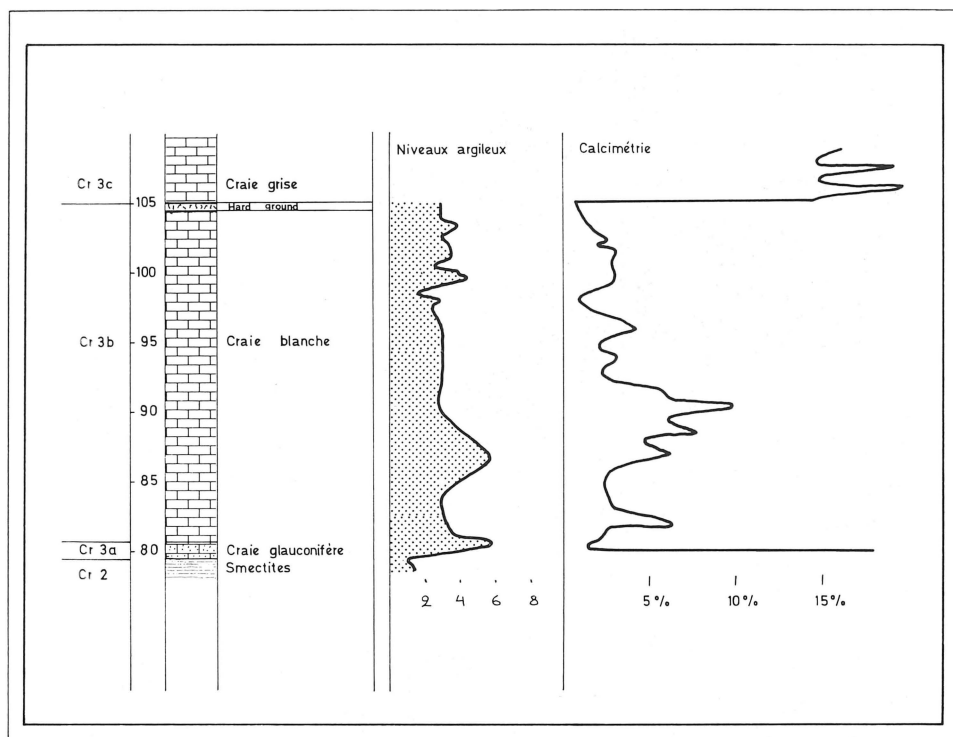
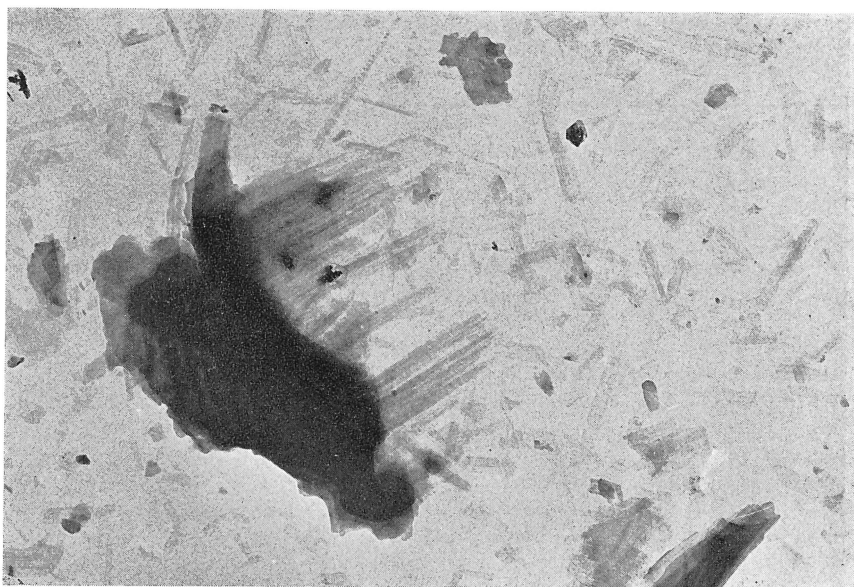
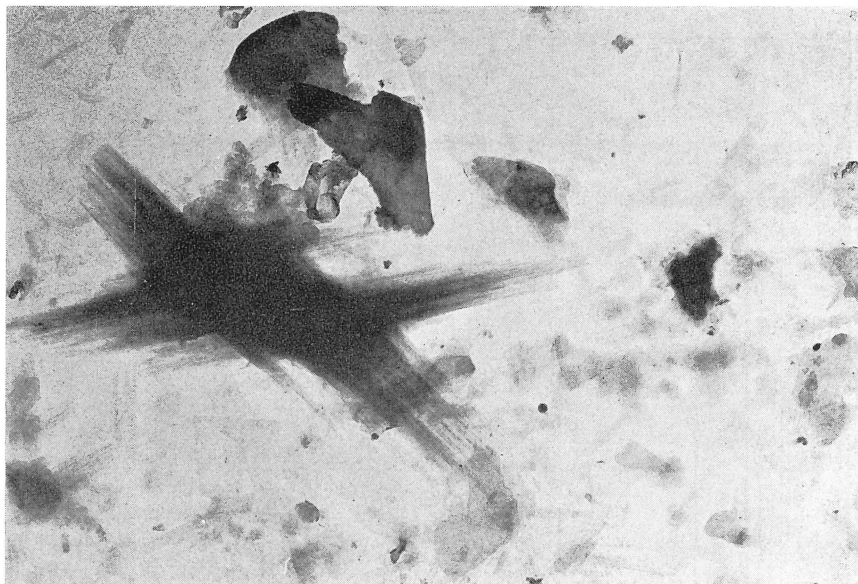


Fig. 2. — Fréquence relative du contenu en illite (par rapport aux smectites) (points = illite; blanc = smectite) et calcimétrie dans le crétacé de la carrière d'Hallembaye.

BIBLIOGRAPHIE

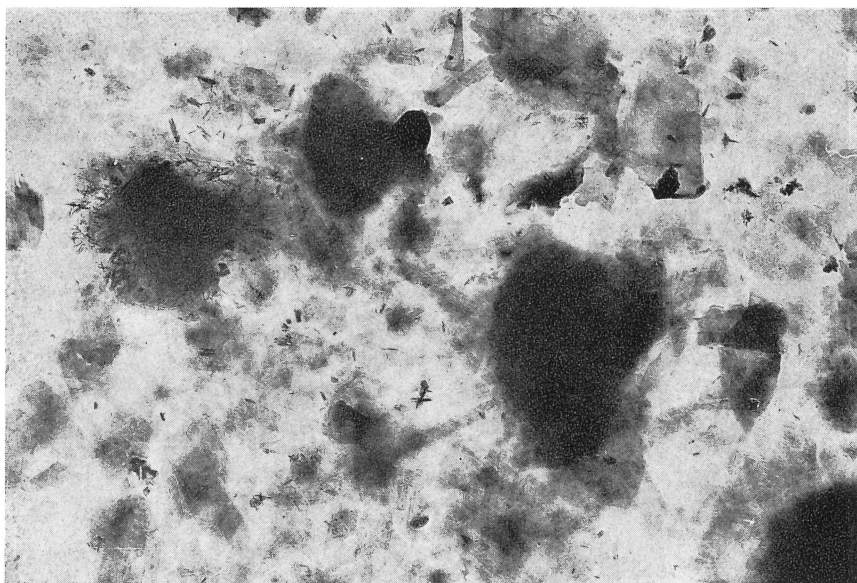
- CALEMBERT, L., MEIJER, M. et MONJOIE, A., 1970. — Le crétacé supérieur sous la plaine alluviale de la Meuse entre Lixhe et Lanaye (Liège). *Ann. Soc. Géol. Belgique*, **93**, 51-63.
- ESQUEVIN, J., 1969. — Influence de la composition chimique des illites sur leur cristallinité. *Bull. Centre Rech. Pau, S.N.P.A.*, **3**, 147-154.
- JUNGELS, P., 1968. — Sondages en Hesbaye. *Prof. Paper 15*, Service Géologique de Belgique.
- LEGRAND, R., 1967. — Reconnaissance de la faille bordière en Hesbaye. *Bull. Soc. Belge Géol., Paléont., Hydr.*, **76**, 60-63.
- REYNOLDS, A. C. et HOWER, J., 1970. — The nature of interlayering in layer illite-montmorillonites. *Clays and Clay Min.*, **18**, 25.
- THOREZ, J., BOURGUIGNON, P. et PAEPE, R., 1970. — Étude préliminaire des associations de minéraux argileux des loess pléistocènes en Belgique. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, **93**, 265-285.
- THOREZ, J. et BOURGUIGNON, P., 1973. — Minéralogie des argiles de dissolution des calcaires dinantiens en Condroz (Belgique). *Ann. Soc. Géol. Belgique* **96**, 59-85.
- TRAUTH, N., LUCAS, J. et SOMMER, F., 1968. — Étude des minéraux argileux du Paléogène des sondages de Chaignes, Montjavoult, le Tillet et Ludes (Bassin de Paris) in *Coll. sur l'Éocène*, Paris (1968), *Mém. B.R.G.M.*, **59**, 53-76.

PLANCHES MICROPHOTOGRAPHIQUES
(microscopie électronique) (*)



Microphotographies 1 & 2 (Éch. 1355). — Aspect caractéristique de particules d'illite en voie de dégradation. (Smectite de Herve, sondage W16). Composition de la phase argileuse : illite, kaolinite, chlorite, (10-14_M). × 30.000.

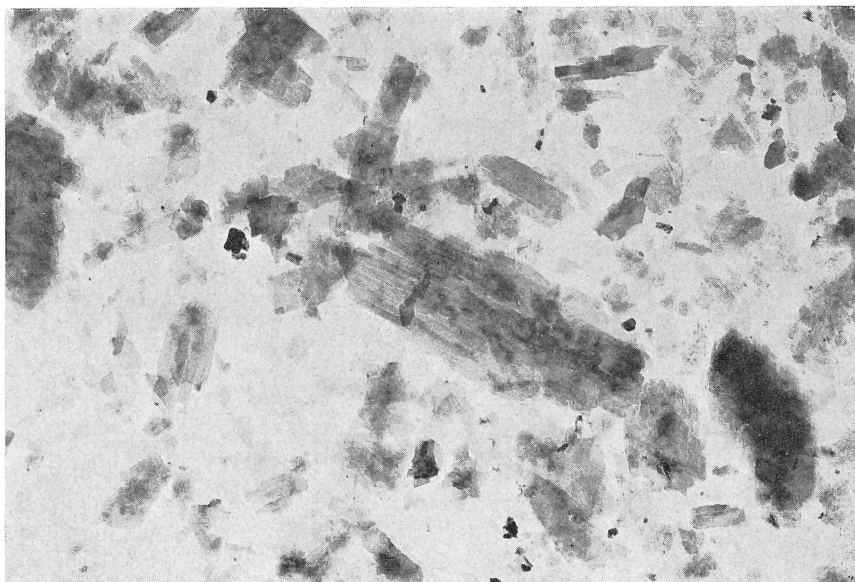
(*) Fournies par M. A. RASSEL (Station de Chimie et de Physique Agricole, Gembloux) que nous remercions vivement.



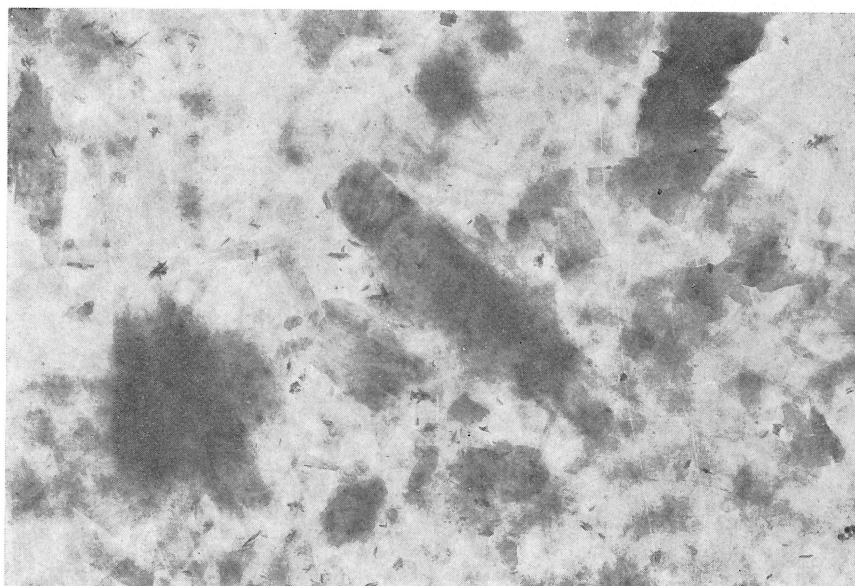
Microphotographie 3 (Éch. 1350). — Phase argileuse à smectite dominante et illite à pic large (Smectite de Herve, sondage W14). $\times 30.000$.



Microphotographie 4 (Éch. 1360). — Phase argileuse à smectite et illite (très ouverte). (Smectite de Herve, sondage W10). $\times 30.000$



Microphotographie 5 (Éch. 1338). — Phase argileuse à illite et interstratifié (10-14_M).
(Smectite de Herve, sondage W6). × 30.000.



Microphotographie 6 (Éch. 1354). — Phase à smectite (nontronite) dominante, et à illite ouverte (craie glauconifère Cr3a). × 30.000.

ANNEXE 1

1. BRÈVE DESCRIPTION DES SONDAGES

Sondage W 5*Description :*

- de 0,00 à 1,00 m : terre arable
- de 1,00 à 5,00 m : limon brun foncé
- de 5,00 à 7,00 m : limon brun foncé à quelques silex
- de 7,00 à 9,50 m : limon brun foncé à silex
- de 9,50 à 16,50 m : conglomérat à silex
- de 16,50 à 19,50 m : craie argileuse à silex
- de 19,50 à 30,00 m : craie blanche compacte à rares lits de silex : Cr 3 bc
- de 30,00 à 31,90 m : craie blanche à très nombreux silex (30 %)
- de 31,90 à 34,10 m : craie blanche à quelques lits de silex Cr 3 b
- de 34,10 à 35,54 m : craie blanche à très nombreux silex : Cr 3 b
- de 35,54 à 38,00 m : craie blanche à silex : Cr 3 b
- de 38,00 à 38,20 m : craie glauconifère : Cr 3 a
- de 38,20 à 40,50 m : smectite Cr 2
- de 40,50 à 40,60 m : schistes

Sondage W 6*Description :*

- de 0,00 à 28,00 m : puits existant
- de 28,00 à 32,00 m : marne brun clair; quelques rares petits morceaux de silex noir
- de 32,00 à 32,50 m : craie grise; quelques morceaux de silex
- de 32,50 à 33,50 m : craie très argileuse; nombreux morceaux de silex
- de 33,50 à 34,50 m : craie blanc jaune compacte; trainées argileuses
- de 34,50 à 35,50 m : craie très argileuse; nombreux morceaux de silex
- de 35,50 à 39,00 m : craie blanche jaunâtre compacte; nombreuses trainées argileuses, quelques morceaux de silex surtout en 37 et 39 m
- de 39,00 à 40,00 m : craie très argileuse, nombreux morceaux de silex
- de 40,00 à 44,50 m : craie brun très argileuse, contenant de très nombreux silex
- de 44,50 à 48,50 m : pratiquement 90 % de silex dans marne brun clair
- de 48,50 à 50,00 m : silex en éclats dans matrice de craie blanche compacte sableuse; nombreux grains de quartz non roulés, grains de limonite
- de 50,00 à 54,00 m : craie jaunâtre très dure et silex noirs très nombreux, trainées argileuses
- de 54,00 à 54,50 m : marne avec trace de glauconie
- de 54,50 à 55,00 m : smectite

Sondage W 7*Description :*

- de 0,00 à 34,00 m : puits existant : $\left\{ \begin{array}{l} 0,00 \text{ à } 14,30 \text{ m : limon} \\ 14,30 \text{ à } 34 \text{ m : sable et silex.} \end{array} \right.$

- de 34,00 à 53,00 m : craie blanche jaunâtre, rares silex en éclats et en morceaux, surtout entre 40 et 44 m
- de 53,00 à 61,00 m : idem, silex parfois plus nombreux sans jamais dépasser 30 % dans les échantillons
- de 61,00 à 61,50 m : éclats de silex très nombreux, la craie devenant glauconifère
- de 61,50 à 62,00 m : smectite

Sondage W 8*Description :*

- de 0,00 à 28,50 m : puits existant : . 0,00 à 9,20 m : limon
 . 9,20 à 13,20 m : sable et silex
 . 13,20 à 28,50 m : craie
- de 28,50 à 32,50 m : remblai (fond de puits)
- de 32,50 à 33,50 m : craie à très nombreux silex (remblai?)
- de 33,50 à 49,50 m : craie blanche à rares lits de silex : Cr 3 bc
- de 49,50 à 51,00 m : craie très légèrement glauconifère à silex : Cr 3 a
- de 51,00 à 52,00 m : smectite : Cr 2

Sondage W 9*Description :*

- de 0,00 à 25,50 m : puits existant : . 0,00 à 3,10 m : limon
 . 3,20 à 12,65 m : limon-silex
 . 12,65 à 25,50 m : craie
- de 25,50 à 48,50 m : craie blanche à rares lits de silex : Cr 3 bc
- de 48,50 à 49,50 m : craie glauconifère : Cr 3 a
- de 49,50 à 50,50 m : smectite Cr 2

Sondage W 10*Description :*

- de 0,00 à 19,00 m : puits existant
- de 19,00 à 21,00 m : craie jaune sableuse à nombreux silex
- de 21,00 à 25,00 m : craie beige jaunâtre à quelques silex : Cr 3 bc
- de 25,00 à 35,50 m : craie beige à lits de silex, assez importants à 25,50 m, 27,50 m et 34,00 m : Cr 3 bc
- de 35,50 à 38,00 m : craie blanche à nombreux silex à Cr 3 b
- de 38,00 à 38,50 m : craie blanche à petits points de glauconie
- de 38,50 à 40,50 m : crai glauconifère : Cr 3 a
- de 40,50 à 41,50 m : smectite : Cr 2

Sondage W 11*Description :*

- de 0,00 à 23,00 m : puits existant : . 0,00 à 9,87 m : limon
 . 9,87 à 23,00 m : sable et silex
- de 23,00 à 25,00 m : craie jaune beige : Cr 3 bc
- de 25,00 à 36,00 m : craie blanche beige à rares silex : Cr 3 bc

- de 36,00 à 46,50 m : craie blanche à lits de silex : Cr 3 b
- de 46,50 à 47,00 m : craie blanche à nombreux silex et petits points de glauconie
- de 47,00 à 48,00 m : craie glauconifère à silex

Sondage W 12

Description :

- de 0,00 à 17,00 m : puits existant
- de 17,00 à 42,00 m : craie blanc beige à quelques rares lits de silex noir : Cr 3 b
- de 42,00 à 45,00 m : craie blanc beige compacte à éclats de silex noirs : Cr 3 b
- de 45,00 à 46,50 m : craie sableuse à petits points de glauconie
- de 46,50 à 47,00 m : craie glauconifère : Cr 3 a

Sondage W 13

Description :

- de 0,00 à 17,00 m : puits existant
- de 17,00 à 29,50 m : craie blanche à rares silex noirs Campanien Cr 3 b
- de 29,50 à 30,50 m : craie blanche à nombreux silex noirs Campanien Cr 3 b
- de 30,50 à 31,50 m : craie blanche à silex noirs Campanien Cr 3 b
- de 31,50 à 38,20 m : craie blanc beige, compacte à lits de silex Campanien Cr 3 b
- de 38,20 à 39,00 m : craie glauconifère à quelques silex noirs : Cr 3 a
- de 39,00 à 40,00 m : smectite Cr 2

Sondage W 14

Description :

- de 0,00 à 17,00 m : puits existant
- de 17,00 à 35,00 m : craie blanc beige, jaunâtre au sommet : Cr 3 bc
- de 35,00 à 37,00 m : craie beige à lits de silex : Cr 3 b
- de 37,00 à 41,00 m : craie beige à nombreux lits de silex noirs : Cr 3 b
- de 41,00 à 42,00 m : craie beige à nombreux silex et petits points de glauconie
- de 42,00 à 43,00 m : craie glauconifère : Cr 3 a
- de 43,00 à 44,00 m : smectite : Cr 2

Sondage W 15

Description :

- de 0,00 à 15,00 m : puits existant :
 - 0,00 à 11,00 m : limon
 - 11,00 à 15,00 m : conglomérat à silex
- de 15,00 à 20,00 m : ?
- de 20,00 à 25,00 m : craie blanche compacte : Cr 3 bc
- de 25,00 à 28,00 m : craie blanc beige à traces d'oxydes de fer (circulations d'eau)
- de 28,00 à 31,00 m : craie blanc beige : Cr 3 bc
- de 31,00 à 32,00 m : craie blanc beige à traces d'oxydes de fer (circulations d'eau)
- de 32,00 à 39,00 m : craie beige à quelques rares silex noirs : Cr 3 b
- de 39,00 à 43,50 m : craie beige brun à lits de silex noirs : Cr 3 b
- de 43,50 à 44,50 m : craie beige à nombreux silex noirs : Cr 3 b
- de 44,50 à 47,50 m : craie sableuse à petits points de glauconie

- de 47,50 à 48,50 m : craie glauconifère : Cr 3 a
 de 48,50 à 50,00 m : argile verte et noire : Primaire ?

Sondage W 16

Description :

- de 0,00 à 12,60 m : puits existant
 de 12,60 à 29,00 m : craie gris blanc passant vers le bas à une craie blanche à rares silex noirs : Cr 3 bc
 de 29,00 à 32,50 m : craie blanche à silex : Cr 2 b
 de 32,50 à 34,00 m : craie blanche à silex : Cr 2 b
 de 32,50 à 34,00 m : craie blanche à silex et quelques petits points de glauconie
 de 34,00 à 36,00 m : craie glauconifère : Cr 3 a
 de 36,00 à 36,80 m : smectite crayeuse : Cr 2
 de 36,80 à 39,00 m : argile gris noir à plaquettes schisteuses : Primaire

Sondage W 3

Description :

- de 0,00 à 17,00 m : limon
 de 17,00 à 27,00 m : conglomérat à silex
 de 27,00 à 59,80 m : craie blanc jaunâtre, à nombreuses passées sableuses : silex noirs par endroits. Campanien Cr 3 b
 de 59,80 à 60,20 m : craie glauconifère : Cr 3 a
 de 60,20 à 61,00 m : smectite très glauconifère avec passées de schistes noirs et morceaux de silex noirs; conglomérat multicolore à la base : Cr 2
 de 61,00 à 61,40 m : schistes noirs pyriteux à schistosité très fine; Silurien ?

Sondage E 5

Description :

- de 0,00 à 4,50 m : limon
 de 4,50 à 12,50 m : conglomérat à silex
 de 12,50 à 25,00 m : marne brun-clair à nombreux silex noirs et nombreuses traînées d'argile. Maastrichtien Cr 3 c
 de 25,00 à 25,50 m : hard ground ?
 de 25,50 à 59,50 m : craie blanc jaunâtre à assez nombreux silex et passées argileuses. Nombreuses diaclases. A la base, banc riche en silex et un banc de craie indurée. Campanien Cr 3 ab
 de 59,50 à 60,70 m : craie glauconifère Cr 3 a
 de 60,70 à 72,80 m : argile smectite à rognons de pyrite Cr 2
 de 72,80 à 74,10 m : argile brun rouge
 de 74,10 à 74,30 m : débris de calcaire (sans doute Viséen)

