Ann. Soc. Géol. du Nord.
T. 3 (2éme série), p. 145-153, Décembre 1994

COMPORTEMENT GÉOTECHNIQUE DES ARGILES DE CHÂTILLON (KIMMÉRIDGIEN / TITHONIEN DU BAS-BOULONNAIS)

Geotechnical behaviour of the "Argiles de Châtillon" Formation (Kimmeridgian/Tithonian from the Boulonnais, Northern France)

Par Pierre DEBRABANT(*), Benoît ADIDA(**), Jérôme PAINSET(**),
Jean-François DECONINCK(*) et Philippe RECOURT(*).

(Planches III et IV)

Résumé. — A l'issue d'un projet de fin d'études d'ingénierie, réalisé dans le cadre du Service Maritime de Boulogne-Calais, le problème du comportement physique hétérogène de la formation des Argiles de Châtillon (Kimméridgien/Tithonien) est abordé sous l'angle de la minéralogie et de la granulométrie du matériaux. Les niveaux sensibles aux glissements présentent une texture caractérisée par une dispersion importante des particules argileuses, originellement acquise lors de la sédimentation. En revanche le comportement vis à vis des glissements, paraît totalement indépendant de la minéralogie.

Abstract. — The "Argile de Châtillon" Formation is responsible for common coastal landslips in the Boulonnais. The mineralogy and grain size analysis of clays are studied in order to understand their physical behaviour. The clayey horizons responsible for slipping are characterized by an important dispersion of clay particles. The physical behaviour of clay seems to be independant of the mineralogical composition.

I. — INTRODUCTION

Les argiles kimméridgiennes sont depuis longtemps considérées par les aménageurs comme des terrains à risques (Briancourt, 1953; Vigue, 1956; Pinte, 1986; Sinelle, 1989). Ce sont des matériaux sensibles qui réagissent à toute modification de leur état initial. Le recul des falaises littorales résulte des actions marines (pour environ 20%) et des effets combinés de la gravité et de l'altération continentale (pour 80%). Dans le Bas-Boulonnais les désordres causés sont déjà recensés et décrits par les anciens auteurs (Leroux, 1929; Dutertre, 1930; Leroux 1959). Ils constatent que les argiles kimméridgiennes et tithoniennes ont ici une nature globalement meuble et plastique et donc métastable. Cette instabilité induit d'importants mouvements de terrains, d'amplitudes et de types variés, tant au niveau des falaises vives qu'au niveau des falaises supposées mortes. A titre d'exemple citons: le glissement de la falaise Sainte Beuve au droit de l'Hôtel Impérial en 1930, la destruction continue de la falaise située au Nord d'Audresselles, celle de la falaise du Portel, et plus récemment les problèmes d'instabilité posés sur le tracé de l'autoroute A16 lors du contournement Est de la ville de Boulogne (CETE de Lille, 1993) ou, au S-E de la ville, le glissement dit du "Petit Caporal", actif sur le flanc ouest de la Côtière de St-Léonard (Dubernay, 1993).

Dans le Boulonnais les coupes de référence pour les Argiles de Châtillon se situent sur la falaise morte de Châtillon, actuellement totalement couverte, mais où des descriptions ont été faites avec précision (Pellat, 1880; Dutertre 1930), notamment du fait de travaux urbains (Leroux, 1929; Adida et Painset, 1994).

Par ailleurs, les Argiles de Châtillon affleurent actuellement sur les falaises vives du littoral entre le Cap Griz Nez au Nord et Equihen au Sud. Les phénomènes de glissement sont particulièrement nets sur la falaise située au Nord d'Audresselles (Pl. III). Sur cette falaise on peut observer successivement, en se déplaçant vers le Nord, les Sables et Grès de Châtillon, l'ensemble des Argiles de Châtillon et la base des Grès de la Crèche (fig. 1).

Des descriptions sédimentaires récentes (Deconinck *et al.*, 1992; Proust *et al.*, 1993; Geyssant *et al.*, 1993; Proust *et al.*, sous presse) montrent que les Argiles de Châtillon peuvent être divisées en deux membres:

- un membre inférieur constitué d'une alternance d'argiles plus ou moins silteuses et de calcaires argileux (voir plus précisément Geyssant *et al.*, 1993). La base de ce membre comporte essentiellement des argiles feuilletées riches en matière organique, avec au sommet un niveau caractéristique d'argiles claires et plastiques, plus particulièrement responsable des instabilités physiques;

- un membre supérieur caractérisé par l'importance des argiles noires feuilletées.

(*) URA 719 CNRS, Sédimentologie et Géodynamique. Université de Lille 1, 59 655 Villeneuve d'Ascq Cedex.
(**) Ecole Universitaire d'Ingénieurs de Lille (EUDIL), 59 655 Villeneuve d'Ascq Cédex.
Note présentée le16 Novembre 1994 et acceptée pour publication par le Conseil de la S.G.N. le 16 Novembre 1994

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

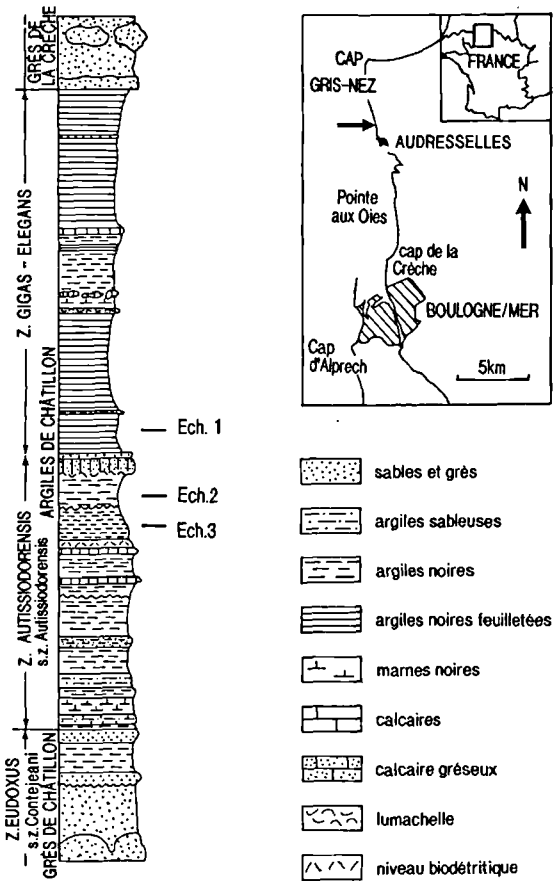


Fig. 1. —Coupe des Argiles de Châtillon au Nord d'Audresselles selon Geyssant *et al.*, (1993). Ech. 1, 2, 3: positions approximatives des prélèvement d'échantillons. Dans le cartouche la fléche horizontale indique le lieu d'échantillonnage.

Fig. 1. — Section in the "Argiles de Châtillon" Formation, North of Audresselles (after Geyssant et al., *1993) and samples location.*

Ces deux membres sont séparés par un banc bioclastique calcaréo-gréseux, épais de 0,50 m au Nord d'Audresselles, plus épais dans l'ancienne carrière de Châtillon (2,50 m) et essentiellement lumachellique. Ce banc marque la limite Kimméridgien/Tithonien (Geyssant *et al.*, 1993).

On peut donc distinguer schématiquement, de la base au sommet des Argiles de Châtillon:
- des argiles noires feuilletées (échantillon 3);
- des argiles grises claires plastiques (échantillon 2);
- des argiles feuilletées et sableuses (échantillon 1).

D'un point de vue sédimentologique, les argiles noires feuilletées se sont déposées par décantation dans un milieu plus profond et plus calme que les argiles grises (Proust *et al.*, 1993; Geyssant *et al.*, 1993)

II. — MECANISME DES GLISSEMENTS

Dans le Kimméridgien/Tithonien les glissements apparaissent dès qu'un niveau réellement plastique parvient à l'affleurement. Les argiles demeurent stables tant qu'elles restent protégées des infiltrations. Cependant l'eau chemine aisément à travers les sables et les grès tithoniens puis les argiles noires schisteuses et les lumachelles à Nanogyres, entraînant la saturation puis le fluage des argiles grises sous-incombantes. Une fois le mécanisme activé, la couverture agit par son poids et sa perméabilité. En fait dans le Bas-Boulonnais toutes les observations démontrent que le premier niveau imperméable responsable des glissements est l'horizon des Argiles grises de Châtillon. Une fois détrempées, elles fluent en formant un bourrelet à l'affleurement, alors que les argiles noires supérieures et leur substratum lumachellique conservent globalement leur cohérence et sont transportées en masse.

En pratique l'ouverture des failles panaméennes est d'abord due à un soutirage du matériel sableux de la base de la falaise. La rupture des bancs lumachelliques diaclasés est alors possible. Ensuite, facilités par les infiltrations aquifères et un faible pendage vers la mer (Adida et Painset, 1994), les glissements, de type rotationnel affectent l'ensemble de la formation (Leroux 1959). Ils emportent des pans entiers de la falaise qui tend à se dédoubler. Quant au pendage pris par les couches glissées, il est directement fonction du poids de la couverture, du volume du massif argileux entraîné et de sa nature lithologique.

Dans ces mécanismes la différence de comportement des argiles grises et noires feuilletées est digne d'intérêt. On tente d'en approcher la compréhension grâce à l'étude de la texture et de la composition de ces matériaux. Pour ce faire nous avons effectué une investigation préliminaire par l'étude minéralogique et granulométrique de trois échantillons prélevés sur la falaise d'Audresselles dans les niveaux caractéristiques des argiles noires feuilletées (échantillons 1 et 3) et d'argile grise plastique (échantillon 2) (fig. 1).

III. — ETUDE MINERALOGIQUE QUALITATIVE (ROCHE TOTALE)

L'étude minéralogique qualitative par diffraction des rayons X des poudres obtenues après broyage ménagé des échantillons 1, 2 et 3 d'Argile de Châtillon apporte les résultats suivants (fig. 2).

Dans les trois échantillons le quartz est largement dominant. Viennent ensuite des phyllites à 10 Å (illite ou mica) et à 7 Å (kaolinite), du gypse (7,56 Å), un peu de dolomite (2,88 Å) et de calcite (3,02 Å) ainsi que des traces de pyrite (2,71 Å).

Les argiles grises se distinguent aisément des argiles noires feuilletées par l'importance relative des phyllites beaucoup mieux définies par des pics principaux de diffraction et des harmoniques caractéristiques plus élevés. En particulier les chlorites se marquent parfaitement par l'association de pics à 14,3, 7,1 et 3,53 Å et les kaolinites par les pics à 7,1 et 3,57 Å, le premier étant commun avec celui des chlorites. Notons également la présence d'un pic à 3,01 Å, intermédiaire entre ceux de la calcite et de la dolomite et probablement attribuable à une calcite magnésienne, à un feldspath ou à un pyroxène. Ces précisions n'existent pas dans les argiles feuilletées qui à l'inverse se distinguent par l'importance relative de la dolomite et d'un peu de calcite (en partie liée aux nannofossiles observables au microscope électronique à balayage, Cf. Pl. III). Notons encore l'importance du gypse dans les argiles noires supérieures, également un peu plus feldspathiques.

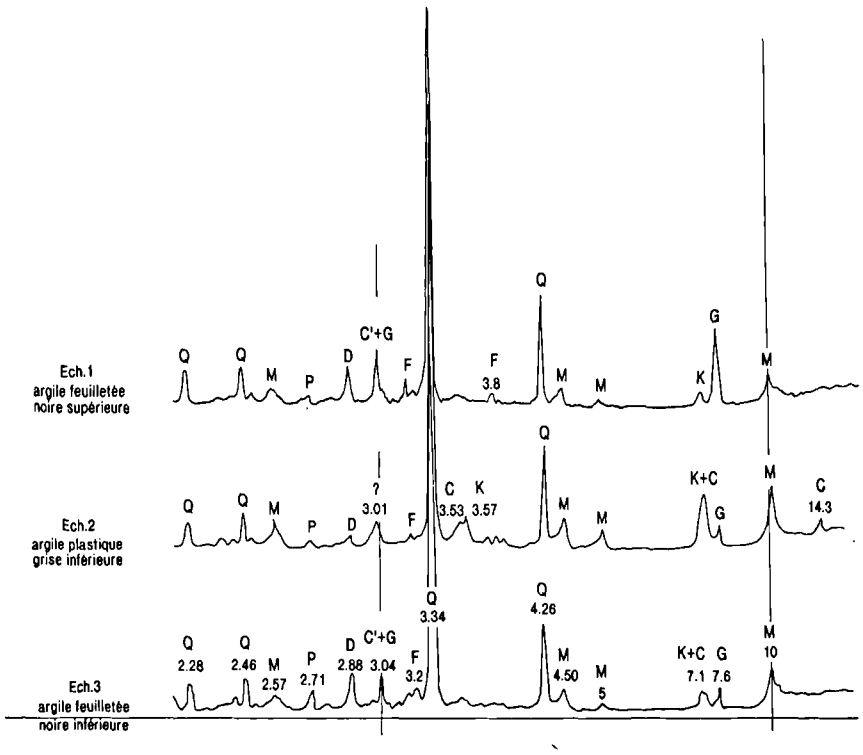


Fig. 2. — Spectres de diffraction des rayon X réalisés sur l'argile de Châtillon (roche totale). C: chlorite; M: mica et illite; G: gypse; K: kaolinite; Q: quartz; F: feldspath; C': calcite; D: dolomite; P: pyrite.

Fig. 2. — X-ray diffraction pattern of the "Argiles de Châtillon" (bulk rock) C: chlorite; M: mica and illite; G: gypsum; K: kaolinite; Q: quartz; F: feldspar; C': calcite; D: dolomite; P: pyrite.

En résumé à côté de la matière organique, absente dans les argiles grises (El Albani *et al.*, 1993), les argiles noires feuilletées sont plutôt enrichies en éléments déstabilisant: gypse (source d'anions bivalents $SO_4^{=}$ défloculant) et association dolomite-gypse, habituellement métastable (Blatt *et al.*, 1980; Foucault et Raoult, 1984), tandis que les phyllites semblent quantitativement mieux représentées dans les argiles grises. Ceci suggère une granulométrie plus fine donc plus réactive ou un développement des micas dans la taille des silts.

IV. — ETUDE MINERALOGIQUE QUANTITATIVE DE LA FRACTION INFERIEURE A 2µm

L'analyse diffractométrique de la fraction fine des Argiles de Châtillon (tab. I et fig. 3) confirme les résultats acquis antérieurement (Deconinck *et al.*, 1982). Les assemblages argileux sont dominés par l'illite (au moins 50%), puis la kaolinite (15 à 28%), la chlorite (12%), la smectite (dont les proportions évoluent en raison inverse de celles de la kaolinite) et un peu d'interstratifiés gonflants illite-smectite (10-14s) et chlorite-smectite (14c-14s).

La fraction argileuse des argiles grises se distingue de celle des argiles noires feuilletées par la rareté de la smectite au profit de la kaolinite et des minéraux interstratifiés clairement représentés (surtout les 10-14s). Par ailleurs elle se singularise par une intensité plus importante des pics de diffraction X, confirmant une particularité déjà observée dans l'analyse de la roche totale. Ceci résulte probablement d'une meilleure orientation de l'ensemble des cristaux phylliteux sur la préparation, y traduisant un moindre nombre d'agrégats de particules inférieures à 2 µm. Enfin le quartz y est également plus commun.

Remarquons en outre que les minéraux gonflants (smectites), qui diminuent en concentration relative dans les argiles grises, ne peuvent être considérés comme facteur explicatif de leur plus grande plasticité par rapport aux argiles noires.

V. — ANALYSE GRANULOMETRIQUE

L'analyse granulométrique des trois échantillons a été menée à l'aide d'un granulomètre laser Malvern Master Sizer X. Plusieurs essais ont été réalisés pour effectuer l'analyse avec des modes opératoires différents:

1- après une agitation simple;

2- après agitation et action d'un dispersant chimique (hexamétaphosphate de sodium à 2 pour mille);

3- après agitation et dispersion mécanique par ultrasons pendant des intervalles de temps variables.

L'action du dispersant chimique n'ayant que peu d'effet par rapport à l'essai par agitation simple, nous retiendrons les résultats issus des modes 1 et 3 avec une durée de dispersion ultrasonique de cinq minutes. Ces modes opératoires ont été appliqués aux échantillons 1, 2 et 3 en deux étapes:

a- granulométrie de la "roche totale";

b- granulométrie de la fraction silteuse (< 63µm).

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

		ILLITES %	CHLORITES %	SMECTITES %	KAOLINITES %	10-14s %	14c-14s %	QUARTZ
ECH.1	ARGILES NOIRES FEUILLETEES SUP.	53	13	13	21	+	+	+
ECH.2	ARGILES GRISES	55	12	+	28	5	+	++
ECH.3	ARGILES NOIRES FEUILLETEES INF.	50	13	22	15	+	+	+

+ rare; ++ commun

Tableau I. — Composition minéralogique en % de la fraction inférieure à 2 µm des Argiles de Châtillon.

Table I. — Mineralogical composition of the clay fraction (≤2µm particles) from the Argiles de Châtillon.

ECHANTILLONS	MODE OPERATOIRE	MODE(s) µm	MEDIANE µm	MEDIANE de Folk (µm)	SABLES > 63 µm	SILT+ARG. < 63 µm	REMARQUES
1- ARGILE NOIRE	1	86,4/5,5/8	39,6	58	37	63	Fréquence plurimodale
FEUILLETEE SUP.	3	5,5/8/24	15,8	22,2	11	89	asymétrie négative forte
2- ARGILE GRISE	1	5,4	7,6	11,7	6	94	Fréquence unimodale
PLASTIQUE	3	5,5	7,8	12,3	6	94	asymétrie positive forte
3- ARGILE NOIRE	1	35,7/5,5/8,6	23,3	33,4	19	81	Fréquence plurimodale
FEUILLETEE INF.	3	5,5/7,9/22	12,2	17,3	5	95	asymétrie négative forte

MODE 1: granulométrie exécutée après simple agitation
MODE 3: granulométrie exécutée après agitation et dispersion ultrasonique pendant 5 minutes.

Tableau II. — Granulométrie des Argiles de Châtillon (roche totale)

Table II. — Grain size analysis of the Argiles de Châtillon, (bulk rock).

ECHANTILLONS	MODE OPERATOIRE	MODE(s) µm	MEDIANE µm	MEDIANE de Folk (µm)	SILT > 2 µm	ARGILE < 2 um	REMARQUES
1- ARGILE NOIRE	1	24	14,2	18,6	92	8	Unimodale
FEUILLETEE SUP.	3	17	11,9	15,8	90	10	Asymétr. négative faible
2- ARGILE GRISE	1	5,5	5,2	7,8	76	24	Fréquence unimodale
PLASTIQUE	3	5,6	5,5	8,5	77	23	Symétrique
3- ARGILE NOIRE	1	35	15,9	20,7	93	7	Unimodale
FEUILLETEE INF.	3	19,7	11,2	14,8	89	11	Asymétr. négative faible

MODE 1: granulométrie exécutée après simple agitation
MODE 3: granulométrie exécutée après agitation et dispersion ultrasonique pendant 5 minutes.

Tableau III. — Granulométrie de la fraction silteuse des Argiles de Châtillon

Table III. — Grain size analysis from the silty fraction of the Argiles de Châtillon

1) *Granulométrie de la roche totale*

Les principales caractéristiques granulométriques des trois échantillons sont synthétisées dans le tableau II et dans la figure 4. La comparaison des résultats de l'analyse granulométrique de la roche totale obtenus en mode opératoire (1) montre que les argiles noires ont une granularité naturelle beaucoup plus grossière que les grises.

De plus les argiles noires sont fortement bimodales, voire trimodales et d'asymétrie forte vers les grandes tailles, tandis que les argiles grises sont pratiquement unimodales et d'asymétrie forte vers les petites tailles.

Enfin la comparaison des résultats des modes opératoires 1 et 3 montre parfaitement que l'énergie apportée par les ultrasons ne modifie en rien la granulométrie des argiles grises alors que la granulométrie des argiles noires se transforme fortement suite à un effet de dispersion mécanique évident. En particulier les modes grossiers (86,4µm et 35,7µm) s'effacent devant un mode fin dominant (5,5µm) identique à celui des argiles grises et les teneurs en sable sont divisées par trois à quatre. L'asymétrie se déplace vers les petites tailles.

Ce phénomène correspond vraisemblablement à la destruction d'agrégats de taille sableuse dont la présence

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

était d'ailleurs suggérée par la réduction d'intensité des signaux X des argiles noires par rapport à ceux des argiles grises. Il donne une idée des dispersions relatives des argiles noires et grises à l'origine de leur formation (Deleporte, 1983; Pejrup, 1988). On peut affirmer qu'en plus d'une granulométrie plus grossière l'argile noire est mieux floculée que la grise, elle même beaucoup plus dispersée.

2) *Granulométrie de la fraction silteuse*

La granulométrie de la fraction inférieure à 63 µm (tab. III et b, fig. 4) confirme les observations formulées dans le paragraphe précédent.

Les argiles grises se distinguent encore des argiles noires par leur plus grande proportion de particules de tailles inférieures à 2 µm (24%) et une courbe de fréquence symétrique. De même l'absence d'influence du traitement ultrasonique confirme la plus grande dispersion originelle de ce matériaux.

Inversement les argiles noires qui ne contiennent que 8 à 10% de particules < 2 µm offrent une asymétrie vers les grandes tailles et se dispersent encore un peu sous l'action des ultrasons.

En utilisant les résultats de l'ensemble des mesures granulométriques recueillies dans les tableaux 2 et 3 on peut calculer et proposer pour les trois échantillons les caractéristiques naturelles suivantes:

	sable	silt	argile	comportement
diamètres en µm	d>63	2<d<63	d<2	
argiles noires supérieures:	37%	55%	8%	silto-sableux
argiles grises:	6%	71%	23%	silto-argileux
argiles noires inférieures	19%	75%	6%	silto-sableux

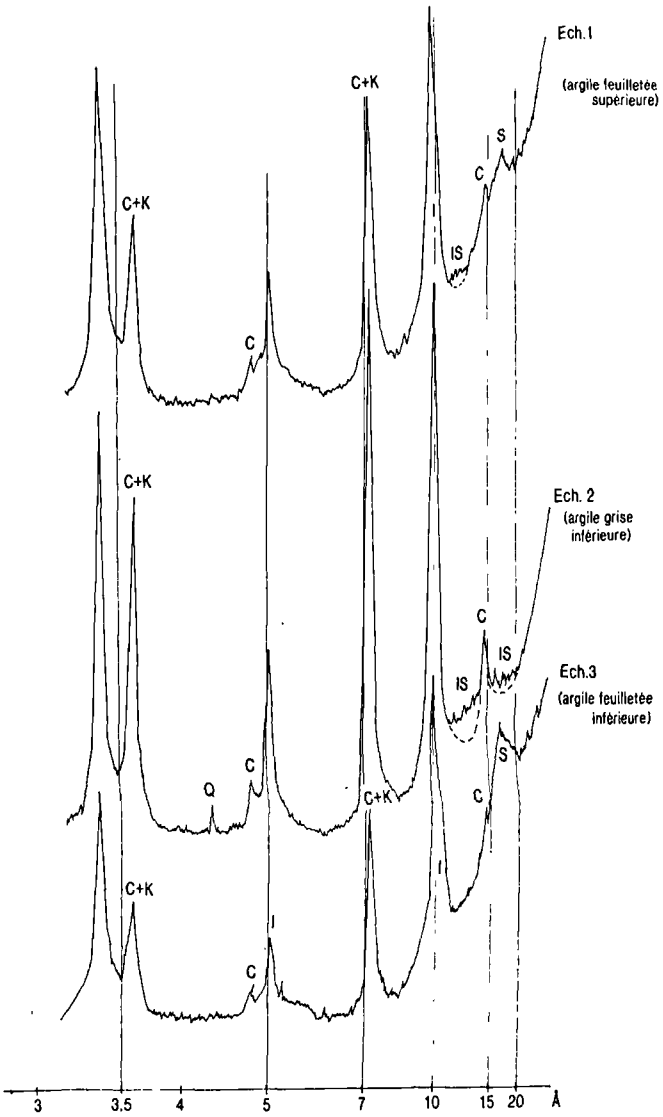


Fig. 3. — Spectres de diffraction des rayons X, réalisés sur la fraction granulométrique inférieure à 2 micromètres des Argiles de Châtillon après saturation par l'éthylène-glycol. I: illite; C: chlorite; S: smectite; K: kaolinite; IS: interstratifiés gonflants; Q: quartz.

Fig. 3. — X-ray diffraction pattern after glycol solvation of the clay fraction (less than 2µm particles) from the "Argiles de Châtillon". I: illite; C: chlorite; S: smectite; K: kaolinite; IS: swelling illite/smectite mixed-layers; Q: quartz.

VI. — DISCUSSION

Sous l'action de l'eau, l'Argile grise de Châtillon donne une pâte liante, très plastique (Leroux 1959). C'est la couche la plus sensible d'un point de vue géotechnique. Contrairement aux argiles noires, les argiles grises fluent très facilement participant activement à la mise en mouvement des couches supérieures. Pour expliquer ce phénomène on peut difficilement évoquer un processus de gonflement dans le mécanisme de glissement des argiles grises. En effet, contrairement aux argiles noires, qui contiennent 10 à 20% de smectite, les argiles grises en sont dépourvues. Elles sont essentiellement constituées de minéraux argileux peu hydratés de type illite (50 à 60%), chlorite (10%) et kaolinite (25 à 30%).

Par ailleurs les argiles noires sont plus riches en sulfate (gypse) générateur d'anions divalents $SO_4^=$ peptiseurs connus pour leurs propriétés défloculantes (Yariv et Cross, 1979; Bell, 1983) ainsi qu'en associations métastables gypse-dolomite (Foucault et Raoult, 1984; Blatt *et al.*, 1980) que l'argile grise. Ces points sont confirmés à la fois par les anciennes analyses de la Société des Ciments Français (Leroux, 1929) et les mesures diffractométriques sur poudre totale effectuées à propos de cette étude.

Il semble donc que les différences de comportement physique observées entre ces argiles ne soient pas directement liées à leur composition minéralogique, car selon ces critères les argiles noires devraient être plus sensibles que les grises aux déstabilisations gravitaires,, d'autant qu'elles sont également beaucoup plus riches en matière organique (El Albani *et al.* 1991; Herbin *et al.*, 1994; Geyssant *et al.*, 1993). C'est en réalité l'inverse qui se produit. Les comportements physiques de ces matériaux paraissent davantage contrôlés par leur granulométrie et leur degré d'agrégation.

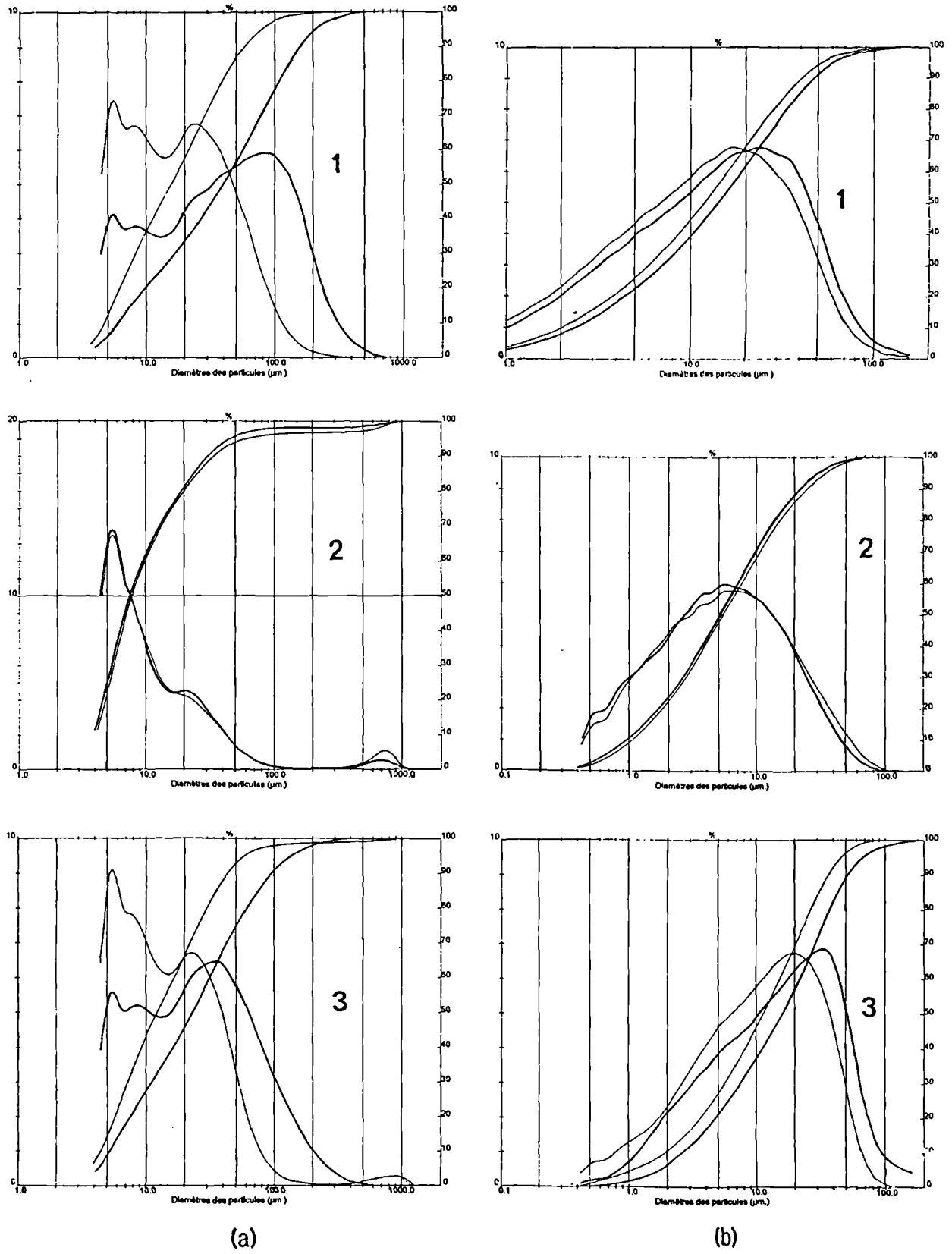


Fig. 4. — Granulométrie laser des Argiles de Châtillon. 1 et 3, argiles noires feuilletées; 2, argiles grises plastiques; En trait fort, granulométrie après agitation simple; en trait fin, granulométrie après agitation et traitement ultrasonique pendant 5 minutes. (a): "roche totale"; (b): fraction inférieure à 63 micromètres.

Fig. 4. — Laser grain size analyses of the "Argiles de Châtillon". 1 and 3, black laminated clays ; 2,grey clays. Bold trace, grain size analyses after shaking; normal trace: grain size analyses after shaking and ultrasonic treatment during 5 minutes (a) Bulk rock, (b) less than 63 µm particles (silty fraction).

Les argiles grises contiennent à l'état naturel au plus 6% de sable et 23% d'argile (% de particules < 2 µm). Elles sont donc beaucoup plus fines et réactives que les argiles noires qui contiennent 20 à 40% de sable et moins de 10% d'argile (la surface développée des grains des argilites grises est plus importante). Cette réactivité est confirmée par la comparaison des courbes granulométriques, avec et sans apport d'énergie ultrasonique, qui montre que les argiles grises sont à l'origine beaucoup plus dispersées que les noires puisqu'un apport extérieur d'énergie ne peut augmenter leur fractionnement. Ceci suggère que les argiles noires ont un plus fort degré de floculation et donc de compacité, qui semble confirmé par les observations faites au microscope à balayage (Pl. IV). Elles révèlent l'antagonisme entre la structure plus caverneuse des argiles grises, liée à de nombreuses dispositions plaques-bords, et la structure lamellaire des argiles noires dont les minéraux sont pour l'essentiel empilés en agrégats compacts.

Des observations de ce type ont été faites dans les marnes du Keuper de Grande Bretagne où Davis (1967) relève des agrégations particulières d'argiles primaires en unités de la taille de silt. Ces agrégats entraînent une mauvaise corrélation entre les limites de consistance et les phénomènes de cisaillement d'une part et la teneur en argile d'autre part (Bell, 1983). Ainsi du fait que les propriétés géotechniques sont contrôlées par les agrégats plutôt que par les minéraux argileux individuels, la plasticité des argiles coagulées est plus faible que celle que l'on pourrait prévoir en considérant la proportion d'argile (Davis, 1967). Il en résulte une hétérogénéité des propriétés géotechniques, peu prévisibles comme dans les Argiles de Châtillon.

D'un point de vue sédimentologique les argiles noires feuilletées, laminées, riches en matière organique se sont déposées en milieu anoxique, relativement profond, à hydrodynamisme suffisant pour avoir permis la floculation des particules argileuses (Nichols & Biggs, 1985) mais assez faible pour conserver les agrégats formés (Pejrup, 1988). D'ailleurs seules des intercalations gréseuses centimétriques présentant des structures en mameloń (Hummocky cross stratification) particulièrement bien visibles au Nord d'Audresselles, attestent de l'effet occasionnel des tempêtes. Le matériel gréseux remanié d'un domaine proximal vers un domaine distal ne paraît pas avoir perturbé l'ordonnancement laminé des minéraux argileux déposés par décantation. Notons également que la matière organique a pu jouer un rôle non négligeable sur la floculation des particules argileuses par hétérocoagulation (Yariv et Cross, 1979).

Les argiles grises se sont déposées dans un milieu moins profond, comme en atteste l'intercalation de bancs lumachelliques mis également en place par des tempêtes, mais plus énergétique que le lieu de dépôt des argiles noires, car le matériel remanié est plus grossier et les niveaux de tempête plus épais. Par ailleurs l'absence de matière organique confirme le caractère oxydant, probablement agité et par conséquent peu profond du milieu de dépôt. Des apports fréquents d'eau douce pourraient aussi être évoqués pour expliquer l'absence d'agrégats (Nichols & Biggs, 1885).

VII. — CONCLUSIONS

L'analyse minéralogique couplée à l'analyse granulométrique de trois échantillons des Argiles de Châtillon montre que la variabilité du comportement géotechnique selon les niveaux de la Formation est liée principalement à la texture et à la granulométrie.

Du seul point de vue de leur contenu minéralogique les argiles noires seraient davantage prédisposées à fluer que les argiles grises, mais l'observation montre un comportement inverse. En revanche leurs composants minéraux offrent un degré d'agrégation beaucoup plus élevé que celui des argiles grises dont la dispersion serait originelle. En effet les critères sédimentologiques suggèrent que cet environnement aurait été moins profond et plus hydrodynamique que celui des argiles noires.

Néanmoins on ne peut ignorer le fait que l'état plus dispersé observé actuellement dans les argiles grises pourrait aussi être le résultat de leur fluage. Mais dans ce cas la stabilité des argiles noires, minéralogiquement et chimiquement plus sensibles, est difficilement explicable. En effet la différence de comportement de niveaux argileux aussi voisins doit logiquement se référer, soit à leur composition soit à leur structure, donc aux conditions de leur mise en place.

Une alternative est cependant proposée par Chandler (1969) ou Bell (1983) qui montrent que dans les marnes agrégées et fissurées du Keuper de Grande Bretagne, une altération différentielle induit un ramollissement rapide et la destruction totale des agrégats. Cette altération entraîne la disparition de la structure d'origine avec un accroissement apparent de la teneur en argiles et le doublement de l'imperméabilité. Quoiqu'il en soit, à Châtillon il aurait fallu que ce processus se soit focalisé, dans une même formation, sur un niveau spécifique, initialement dépourvu de smectite et de matière organique, (l'argile grise est reconnue en sondage). Dans ce cas cette focalisation s'expliquerait à son tour par un contact plus long avec l'eau, donc une plus grande imperméabilité aux transferts hydriques verticaux et par conséquent une plus grande finesse des pores et des grains, soit une structure initiale différente, explicable par la sédimentologie.

Néanmoins si la dispersion des argiles grises est un acquis de leur glissement il paraît intéressant de vérifier si ce critère de déformation, très simple à mettre en évidence avec les granulomètres modernes, peut-être vérifié en d'autres lieux. Il faut ainsi envisager la comparaison des paramètres granulométriques de niveaux sensibles (bien connus dans le Nord de la France), prélevés par carottage, en place et en zone de glissement.

Remerciements. — Nous remercions particulièrement C. Chamborédon (Service Maritime Calais Boulogne) pour l'intérêt qu'il a manifesté dans le développement du projet de fin d'études de B. Adida et J. Painset, ainsi que J.-N. Proust (CNRS, URA 719, Lille) pour la pertinence de ses remarques et commentaires sédimentologiques. Notre reconnaissance s'adresse également à H. Coulon (Centre d'Études Techniques de l'Équipement Nord-Picardie) pour la critique constructive de ce manuscrit.

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

BIBLIOGRAPHIE

ADIDA, B., & PAINSET, J., 1994. — Géodynamique externe et comportement du Kimméridgien du Bas-Boulonnais. Application à l'aménagement du carrefour de Châtillon. Rapport PFE, EUDIL. Univ. Lille 1, 36p., 80 annexes.

BELL F.G., 1983. — Fundamentals of Engineering Geology. Butterworth & Co. Edit. Ltd. London, 648p.

BLATT, H., MIDDLETON, G., MURRAY, R., 1980. — Origin of Sedimentary Rocks. Prentice Hall Edit. New Jersey, 782 p.

BRIANCOURT, M., 1953. — Etude des sols de fondations. SMBC. Imprimerie du Littoral Edit. 42p.

CHANDLER, R.J., 1969. — The effect of weathering on the shear strengh properties of Keuper Marl, *Geotechnique*, 19, 321-334.

C.E.T.E.: Centre d'Etudes Techniques de l'Equipement de Lille. 1993. — Boulogne sur mer. Liaison A16-Le Port. Etude géologique et géotechnique. Rapport technique du L.R.P.C. de Saint-Quentin. Dossier 93-373 (affaire 920496). 40 p.

DAVIS, A. G., 1967. — On the mineralogy and phase equilibrium of Keuper Marl. Q, J, *Engg. Geol.*, 1, 25-46.

DECONINCK, J.-F., CHAMLEY, H., DEBRABANT, P., COLBEAUX, J.-P., 1982. — Le Boulonnais au Jurassique supérieur: données de la minéralogie des argiles et de la géochimie. *Ann. Soc. Géol. Nord*, T. CII. P. 145-152.

DECONINCK, J.-F., BRACQ, P., COLBEAUX, J.-P., PROUST, J.-N., VIDIER, J.-P., 1992. — Cadre structural et sédimentologique des formations kimméridgiennes du Boulonnais. Univ. Lille 1. Rapport Interne I.F.P. 60p.

DELEPORTE, Y., 1983. — Dispersion des argiles. Rapport technique, entreprise BERG. 89p.

DUBERNAY, C., 1993. — La pénétrante de Boulogne sur Mer: la Porte du Boulonnais. *in* Rapport de Stage d'ingéniérie, octobre 93. L.R.P.C. de Saint-Quentin Edit. 50 p.

DUTERTRE, A.P., 1930. — Les éboulements de la falaise de Boulogne. *Ann. Soc. Géol. Nord*, LV, p. 21-26.

EL ALBANI, A., DECONINCK, J.-F., HERBIN, J.-P., PROUST, J.-N., 1993. — Caractérisation géochimique de la matière organique et minéralogie des argiles du Kimméridgien du Boulonnais. *Ann. Soc. Géol. Nord*, T.2 (2ème série), p. 113-120.

FOUCAULT, A., & RAOULT, J.-F. 1984. — Dictionnaire de Géologie. Masson Edit. Paris, 347 p.

GEYSSANT, J.R., VIDIER, J.P., HERBIN, J.P., PROUST, J.N. & DECONINCK, J.F. 1993. — Biostratigraphie et paléoenvironnement des couches de passage Kimméridgien/Tithonien du Boulonnais (Pas-de-Calais): nouvelles données paléontologiques (ammonites) organisation séquentielle et contenu en matière organique. *Géologie de la France*, n° 4, p. 11-24.

HERBIN, J.P., GEYSSANT, J.R., EL ALBANI, A., COLBEAUX, J.P., DECONINCK, J.F., FERNANDEZ-MARTINEZ, J.L., PROUST, J.N. & VIDIER, J.P., 1995. — Sequence stratigraphy of sources rocks applied to the study of Kimmeridgian/Tithonian in the Northwest European shelf (Dorset/UK., Yorkshire/ UK. and Boulonnais/ France) Marine and Petroleum geology, sous presse.

LEROUX, B., 1959. — La destruction des falaises kimméridgiennes du Boulonnais. *Ann. Soc. Géol. Nord*, LXXIX, p. 168-177.

LEROUX, Ed., 1929. — Le tunnel de l'Ave Maria, observations géologiques et hydrogéologiques sur le plateau et la falaise au Sud de Boulogne-sur-Mer. *Mém. Soc. Géol. du Nord*, Tome VIII 2. 42p.

NICHOLS, M.M. and BIGGS, R.B., 1985. — Estuaries, *in* Coastal Sedimentary Environments. R.A. Davis Jr. Edit. Springer Verlag Berlin. p 77-188.

PEJRUP, M. 1988. — The triangular diagram used for classification of estuarine sediments; a new approach. *in* Tide-Influenced Sedimentary Environments an Facies. P.L. de Boer, A. van Gelder and S.D. Nio Edit. Sedimentology and Petroleum Geology. p 289-300.

PELLAT, E.,1880. — Terrain jurassique du Bas-Boulonnais. *Bull Soc. Géol. France*, 3ème série, tome VIII, p. 677-680.

PINTE, P.,1986. — Etude géomorphologique et cartographie des risques naturels du littoral de Wissant à Wimereux. DEA Univ. Lille 1, 210 p.

PROUST, J.-N., DECONINCK, J-F., GEYSSANT J.R., HERBIN, J.-P., VIDIER, J.-P., 1993. — Nouvelles données sédimentologiques dans le Kimméridgien et le Tithonien du Boulonnais (France). *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 316, Série II, p. 363-369.

PROUST, J.-N., DECONINCK, J-F., GEYSSANT J.R., HERBIN, J.-P., VIDIER, J.-P. — Sedimentology of the Late Kimmeridgian/Lower Tithonian storm dominated ramp deposits of the Boulonnais (Northern France). A landward time-equivalent to offshore marine source rocks. *Geologishe Rundschau* (sous presse).

SAVARY, M., 1967. — Contribution à l'établissement de la carte géologique de Marquise au 50.000ème. Diplôme d'études supérieures de Sc. Nat. Univ. Lille 1. 89p.

SINELLE, C., 1989. — Les glissements de terrain de Nice-Havrais. Mém. du Conservatoire National des Arts et Métiers, Paris. 388 p.

VIGUE, L., 1956. — Etude des sols de fondation en vue de l'aménagement d'un port de pêche moderne. Note technique, dossier d'ouvrage du quai de l'Europe, pièce 510, SMBC.

YARIV, S. & CROSS, H. 1979. — Geochemistry of Colloid Systems for Earth Scientists. Springer-Verlag Edit., Heidelberg, 450 p.

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE III

Exemple d'instabilités observées sur la falaise au Nord d'Audresselles.

Example of coastal landslips along the cliff, North of Audresselles.

Fig. A et B. — Partie médiane des Argiles de Châtillon montrant au premier plan, le fluage des argiles grises responsables des glissements. Elles sont surmontées par un banc de calcaire gréseux marquant la limite Kimméridgien/Tithonien. Au second plan, on distingue les argiles noires feuilletées et compactes présentant des lentilles gréseuses décimétriques à HCS (Hummocky Cross Stratification). Elles ont conservé leur structure initiale.

Fig. A et B. — Middle part of the "Argiles de Châtillon" showing in the foreground, the grey clays responsible for landslip. They are overlied by a sandy limestone bed corresponding to the Kimmeridgian/Tithonian boundary. In the background we can see the black laminated clay containg common sandy lenses with HCS (Hummocky Cross Stratification). They have kept their initial texture.

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

Fig. C. — Photographie montrant les glissements et la désorganisation résultante des bancs carbonatés intercalés dans les Argiles de Châtillon.

Fig. C. — Picture showing the coastal landslips and the resulting desorganization of carbonate bed intercalated in the "Argiles de Châtillon".

PLANCHE IV

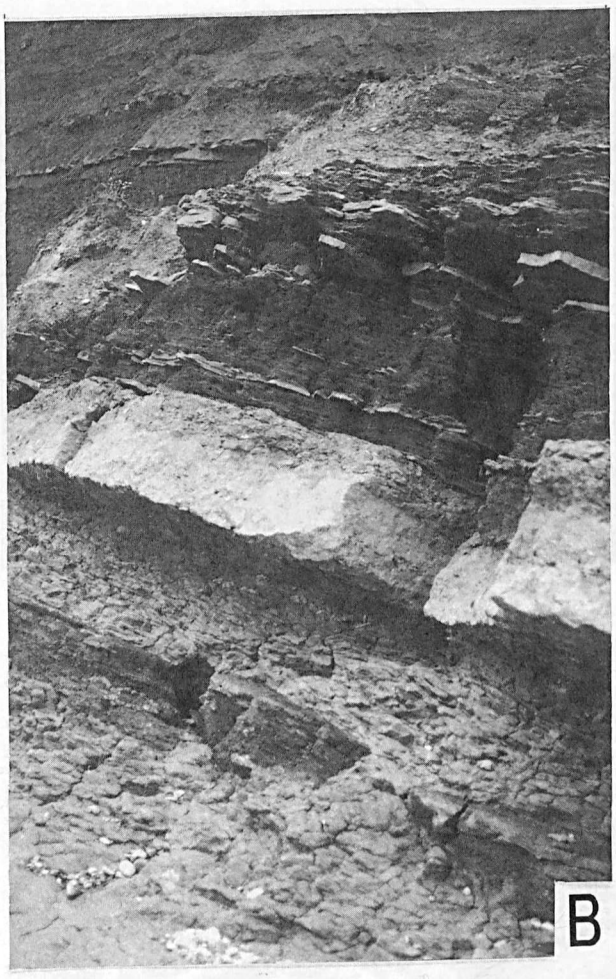
(a) Argile noire de Châtillon;(b) Argile grise de Châtillon.

Les grossissements croissent de haut en bas: x400, x850, x4000.
Magnification increases from top to base : x400, x800, x4000

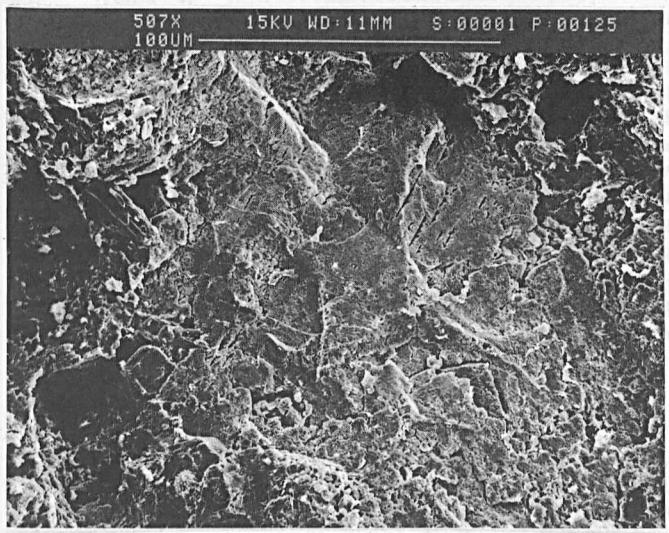
Noter :
- la compacité plus importante de l'argile noire par rapport à l'argile grise;
- l'empilement stratiforme des minéraux argileux visibles dans l'argile noire aux grossissements 850 et 4000;
- la disposition plaque-bord de l'argile grise aux grossissements 850 et 2000.

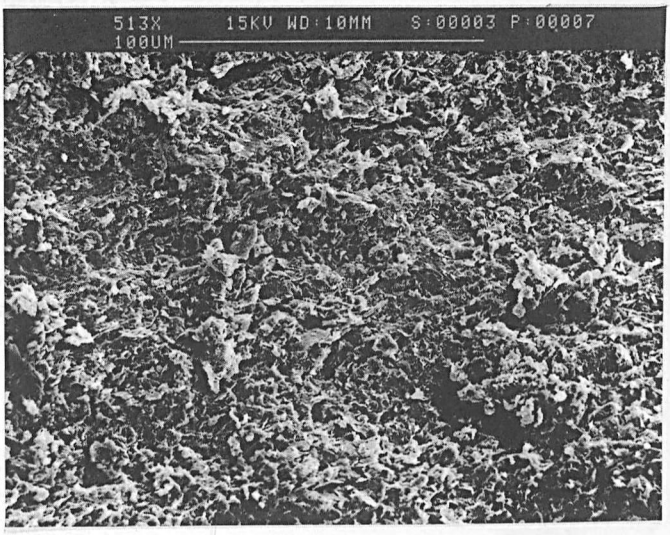
Notice : -The important compactness of black clays
-The stratiform stacking of clay mineral in black clays
-The edge-face fabric of clay particles in the grey clays.

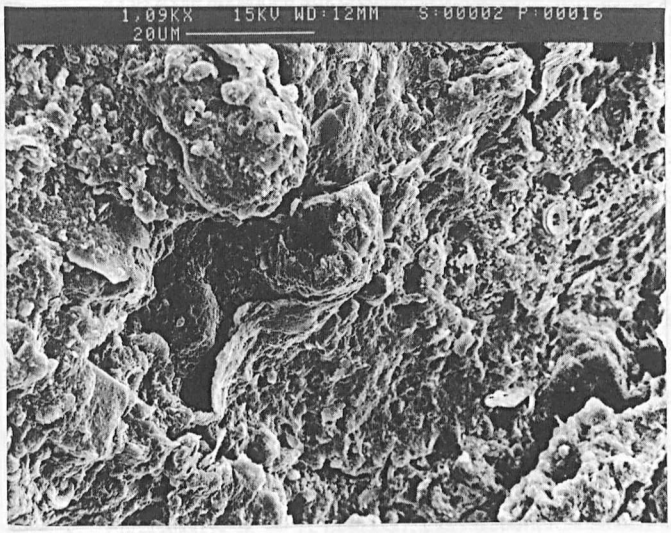
IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

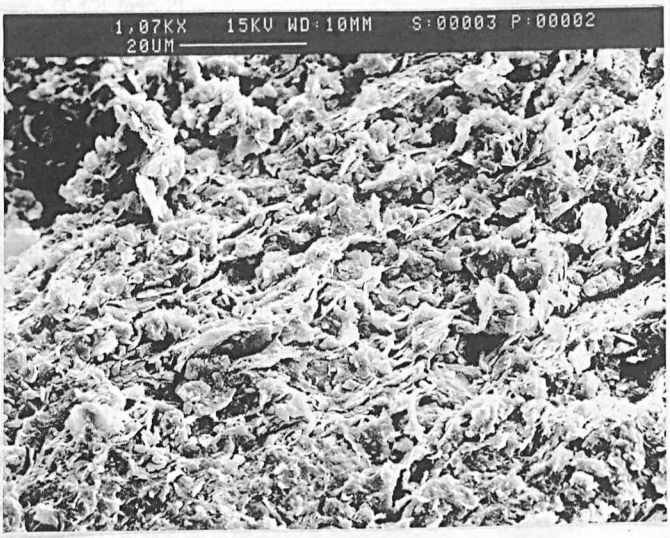


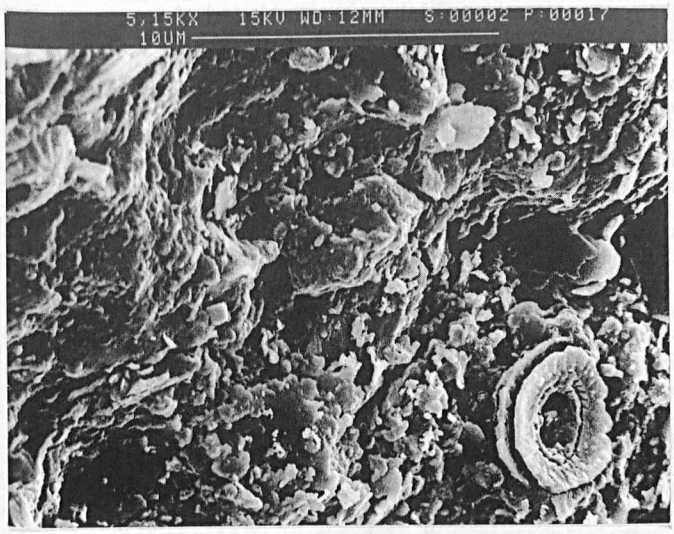
IRIS - LILLIAD - Université Lille 1











(a)

(b)

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

SOMMAIRE

Tome 3 (2me série), Fascicule 4

parution **1994**

pages

Rémy GOURVENNEC. — Précisions nouvelles sur le genre *RETICULARIOPSIS* FREDERIKS, 1916 (Brachiopoda, Spiriferida)..... 123

Pierre SEMENOFF-TIAN-CHANSKY et Yves PLUSQUELLEC. — Présence de *Aulokoninckophyllum* dans le conglomérat de Caouennet, Carbonifère du Bassin de Chateaulin (Massif Armoricain, France)..... 133

Erick CARLIER et Gilles POREL. — Méthode d'interprétation des résultats de traçage et quantification de l'effet d'échelle du coefficient de dispersion en milieu crayeux..... 141

Pierre DEBRABANT, Benoît ADIDA, Jérôme PAINSET, Jean-François DECONINCK et Philippe RECOURT. — Comportement géotechnique des argiles de Châtillon (Kimméridgien / Tithonien du Bas-Boulonnais) 145

© 1994 *Société Géologique du Nord* Editeur, Lille

Toute reproduction, même partielle, de cet ouvrage est interdite. Une copie ou reproduction par quelque procédé que ce soit, photographie, microfilm, bande magnétique, disque ou autre, constitue une contrefaçon passible des peines prévues par la loi du 11 mars 1957 sur la protection des droits d'auteurs.

Imprimé en France (Printed en France)

Le Directeur de la Publication : Paule CORSIN.
Commission Paritaire N° 55.940.

Imprimerie Centrale du Nord, 12, rue Lepelletier, 59800 Lille - 4 - 1994
Dépôt légal n° 883 - 4ème trimestre 1994

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1