

SÉANCE MENSUELLE DU 15 DÉCEMBRE 1942.

*Présidence de M. EUG. MAILLIEUX, président,
puis de M. CH. CAMERMAN, vice-président.*

Le procès-verbal de la séance précédente est lu et adopté.
Après consultation de l'assemblée, sont nommés membres effectifs :

MM. JEAN JOACHIM, ingénieur, 282, rue du Noyer, à Bruxelles; présenté par MM. A. Renier et A. Grosjean.

ANDRÉ GEERNAERT, agent de charbonnages, 11, rue du Lac, à Gand; présenté par MM. L. Van Acker et A. Grosjean.

Des félicitations sont adressées à M. le chanoine F. DEMANET, lauréat du prix Adolphe Wetrems (Sciences naturelles), décerné par la Classe des Sciences de l'Académie royale de Belgique.

Correspondance :

M. RENÉ MARLIÈRE remercie pour les félicitations qui lui ont été adressées.

Dons et envois reçus :

9393 *Billiet, V.* Onderzoek over het verband tusschen chryso-colla, katangiet, plancheiet, bisbeeiet, schattuckiet en dioptaas. Anvers, 1942, 58 pages et 4 tableaux.

Communications des membres :

M. LERICHE. — *Le Bruzellien nummulitique à Noville-sur-Méhaigne.*

A. HACQUAERT. — *Présence de microfossiles dans les roches de la série de Mwashya (Katanga) (1).*

(1) Il s'agit de tubes microscopiques, rapportés aux Schizophycées (genre *Girvanella*), que l'auteur a observés dans certains ooïdes des cherts oolithiques de la Série de Mwashya (Pré-cambrien ?). L'échantillon a été recueilli par M. M. ROBERT à la rivière Kabwe. Une note plus détaillée sur ces fossiles est à l'impression dans le *Natuurwetensch. Tijdschr.*, vol. XXV, Gand, 1943 (pp. 33 et suiv.).

Contribution à l'étude des argiles de l'Entre-Sambre-et-Meuse,

par CHARLES DOSOGNE,

Docteur en Sciences géologiques et minéralogiques.

(Première note : **Analyse mécanique et étude thermique.**)

INTRODUCTION.

Jusqu'en ces dernières années, l'étude pétrographique et minéralogique des argiles belges avait peu retenu l'attention des géologues, malgré le grand nombre de gisements exploitables et l'importance considérable des industries utilisant ces matières premières en Belgique.

Cette lacune était mise en évidence en 1934 par R. Marlière (1), dans une publication sur les argiles et sables wealdiens du Hainaut. M. Marlière y soulignait l'intérêt qu'il y aurait à entreprendre une étude géologique et minéralogique systématique des argiles, en particulier de celles de la province de Hainaut. Plus récemment, à propos d'une étude sur la constitution chimique des argiles belges, C. Camerman (2) confirmait ce point de vue en insistant notamment sur l'importance de l'examen minéralogique et de l'analyse mécanique des argiles.

Une importante étude de W. De Keyser sur le kaolin et diverses argiles du pays (3) est venue depuis enrichir nos connaissances en cette matière. Y succédèrent bientôt les notes d'A. Schoep et V. Billiet (4) sur l'étude microscopique et roentgenographique de quelques argiles tertiaires, et celles de Guy Vigneron (5), consacrées plus particulièrement à l'argile d'Andenne, qu'il étudia au moyen des méthodes préconisées par P. Urbain (6).

L'état de la question nous a montré tout l'intérêt qu'il y avait à poursuivre l'étude systématique des ressources argileuses du sol belge à l'aide des méthodes modernes. Nous avons orienté nos recherches dans cette direction à l'occasion de notre thèse de doctorat.

Notre choix s'est porté sur les argiles de l'Entre-Sambre-et-Meuse où existent de nombreux gisements de nature et d'âges variés. Ces gisements se rencontrent généralement dans les poches de dissolution des calcaires paléozoïques; la carte géologique les rapporte au Landénien supérieur ou à l'Oligocène, mais les géologues s'accordent à reconnaître que certains d'entre eux sont d'âge douteux, les données paléontologiques faisant souvent défaut.

Notre idée première était d'étudier un nombre suffisant d'échantillons dans l'espoir de contribuer, non seulement à la connaissance de leurs propriétés, mais encore à l'éclaircissement des problèmes stratigraphiques qui s'attachent à certains gisements. Les argiles d'Andenne, déjà bien connues, auraient pu fournir une référence intéressante à cet égard.

L'ampleur d'un tel travail et les circonstances souvent difficiles dans lesquelles nous l'avons entrepris font que nous devons nous borner, pour le moment, à exposer des résultats modestes et souvent fragmentaires. Nous avons dû nous restreindre à l'étude d'un petit nombre d'échantillons, choisis de façon à représenter au mieux une région limitée. En compensation, nous nous sommes attaché à **mettre en œuvre** plusieurs méthodes de recherches et à comparer leurs résultats.

*
**

Nous avons prélevé nos échantillons en assez grand nombre dans la moitié Nord de l'Entre-Sambre-et-Meuse, approximativement limitée par le quadrilatère Thuin-Fosse-Philippeville-Beaumont.

Les argiles choisies pour étude sont les suivantes :

- 1° *Argile landénienne d'Acoz.* — *Échantillon n° 2.*
Argile plastique gris-noir, appartenant au L2, recouverte de sables bruxelliens.
- 2° *Argile oligocène d'Hanzinne.* — *Échantillon n° 7.*
Argile plastique bleuâtre, provenant d'une lentille d'argile d'origine fluviale.
- 3° *Argile oligocène de Biesme.* — *Échantillon n° 8.*
Argile plastique grise, très alumineuse.
- 4° *Argile oligocène de Morialmé.* — *Échantillon n° 20.*
Argile plastique bariolée.
- 5° *Argile oligocène de Fraire.* — *Échantillon n° 28.*
Argile plastique bariolée.
- 6° *Argile oligocène d'Yves-Gomezée.* — *Échantillon n° 30.*
Argile plastique bariolée.
- 7° *Argile frasnienne de Strée.* — *Échantillon n° 41.*
Argile chamois provenant de l'altération des schistes frasniens.
- 8° *Kaolin d'Oret.* — *Échantillon n° 11.*
Ce kaolin, provenant des sables kaolinifères d'Oret, nous a servi de terme de référence.

*
**

Les nombreuses recherches relatives aux roches argileuses et à leurs constituants qui ont été effectuées à l'étranger au cours de ces vingt dernières années nous ont inspiré le choix des méthodes d'étude. Ce choix a été fait en tenant compte, non seulement du degré de précision des résultats obtenus, mais également de leur valeur pratique pour le but poursuivi.

Au cours de nos recherches, nous avons mis en œuvre les méthodes suivantes :

ANALYSE MÉCANIQUE des échantillons par *lévigation* et *sédimentation*, la lévigation ayant pour but de fournir la fraction argileuse destinée aux examens roentgenographique et thermique.

L'analyse mécanique a préalablement nécessité la mesure des poids spécifiques.

ÉTUDE THERMIQUE approfondie par *analyse thermique différentielle* des argiles brutes et des fractions argileuses, et par *l'étude de la déshydratation* de certaines argiles qui s'étaient révélées singulières lors de l'analyse thermique différentielle.

ÉTUDE PHYSIQUE des fractions argileuses au moyen des *rayons X* et par *diffraction électronique*.

ANALYSE CHIMIQUE de quelques argiles.

ÉTUDE MICROSCOPIQUE des sections minces d'argiles; détermination des minéraux et de la structure.

Dans cette première note, nous exposerons les résultats de l'analyse mécanique et de l'étude thermique.

ANALYSE MÉCANIQUE.

La connaissance de la dimension des grains est d'une grande importance dans l'étude des argiles, les propriétés de celles-ci étant en rapport étroit avec le degré de finesse de leurs éléments. Pour leur étude, il est donc nécessaire d'envisager la séparation des éléments en fractions de dimensions croissantes.

L'analyse mécanique nous permet d'arriver à ce but au moyen des méthodes de tamisage, lévigation ou sédimentation, chacune d'elles étant applicable dans des limites de dimensions déterminées. Des données nous sont fournies à cet égard par A. Andreassen (7); le tableau I les résume.

TABLEAU I.

Diamètres en mm.	Méthode
15 à 1	Tamissage à la main
1 à 0,1	Tamissage mécanique
0,1 à 0,01	Lévigation
0,01 à 0,0005	Sédimentation

Il existe plusieurs classifications pour les fractions obtenues par analyse mécanique. Ces classifications diffèrent les unes des autres par les dimensions limites et la dénomination des fractions; nous avons choisi celle qui est généralement employée pour les argiles et kaolins (voir tableau II).

TABLEAU II.

r en mm.	Nom
Supérieur à 0,020	Sable fin
De 0,040 à 0,010	Sable pulvérulent
De 0,010 à 0,005	Sable argileux
Inférieur à 0,005	Argile

Les argiles étudiées étant constituées de particules de petites dimensions, le tamissage n'est pas à envisager; nous avons uniquement fait appel aux méthodes de *lévigation* et de *sédimentation*.

Bases théoriques de l'analyse mécanique.

Ces bases théoriques sont largement exposées dans l'ouvrage bien connu de H. Gessner (8). Nous nous bornerons à rappeler la formule de Stokes, qui exprime la relation entre la vitesse de chute V (en cm./sec.) et le rayon r des particules sphériques de poids spécifique D_1 tombant dans un fluide de poids spécifique D_2 ; η étant la viscosité de ce fluide et g la constante de gravitation,

$$V = \frac{2}{9} \frac{r^2 (D_1 - D_2) g}{\eta}$$

Cette formule prend aussi la forme suivante :

$$V = Cr^2,$$

où C est la constante de Stokes pour des conditions déterminées de poids spécifique et de température.

La formule de Stokes n'est valable que si cinq conditions sont remplies :

1° Les particules doivent être sphériques, lisses et rigides, et il ne peut exister de frottement entre elles et le liquide;

2° Le liquide doit être homogène comparativement aux dimensions des particules;

3° Les particules doivent être considérées comme tombant dans un liquide d'étendue illimitée;

4° La vitesse de chute doit être constante;

5° La vitesse de chute ne doit pas être trop élevée.

En ce qui concerne la dernière condition, la formule de Stokes n'est plus vérifiée pour les particules supérieures à 0,050 mm. Elle doit alors faire place à la formule d'Oseen, plus compliquée.

Dans la formule de Stokes, le facteur C groupe une série de facteurs, dont la densité D_1 des particules. Celle-ci varie d'une particule à l'autre, la suspension n'étant pas homogène. Nous avons ainsi des particules de même rayon tombant à des vitesses différentes, ou encore des particules de rayons différents tombant avec une même vitesse, les densités n'étant pas égales. En fait, on sera obligé de se baser sur une vitesse de chute moyenne et non sur une vitesse de chute absolue.

Une erreur est également introduite dans la diversité de formes des particules : la résistance à la chute des éléments phylliteux — en forte proportion dans les roches étudiées — est beaucoup plus grande que celle des particules sphériques. D'après P. Urbain (6), le coefficient de forme que l'on doit introduire dans la formule de Stokes est voisin de 5 pour les éléments phylliteux; par conséquent, il faudra éviter de rechercher un trop grand fractionnement de l'argile étudiée pour éviter des erreurs trop grossières. Les dimensions doivent être choisies de façon que le rapport des rayons limites de chaque fraction soit toujours suffisamment élevé.

Ainsi, comme nous l'apprend P. Urbain (6), « un fractionnement réalisé par voie aqueuse ne saurait être rigoureux, ni du point de vue spécifique, ni même du point de vue granulométrique ».

I. — Mesure des densités.

La formule de Stokes montre que la vitesse de chute dépend notamment de la densité.

Les mesures de densité se font généralement au moyen du pycnomètre; néanmoins, dans le cas des roches argileuses, il y a lieu de prendre certaines précautions, du fait de leur porosité. Nous avons, par conséquent, tenu compte des remarques de L. Cayeux (9) et de W. De Keyser (3) et choisi l'appareil décrit par ce dernier comme étant d'un emploi relativement aisé. *Le remplissage du pycnomètre* s'est effectué sous vide pour éviter les erreurs dues à la présence d'air dans le pycnomètre, l'eau et la poudre.

Les échantillons soumis aux essais ont été préalablement séchés à l'air, broyés, passés au tamis de 900 et séchés à 110°.

RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX. — Les résultats obtenus (voir tableau III) montrent que la précision ne dépasse pas la deuxième décimale. Ils sont néanmoins satisfaisants pour le but poursuivi.

TABLEAU III.

Argiles	Densités
Acoz, n° 2	2,65
Hanzinne, n° 7	2,65
Biesme, n° 8	2,58
Morialmé, n° 20	2,57
Fraire, n° 28	2,60
Yves-Gomezée, n° 30	2,58
Strée, n° 41	2,80
Kaolin d'Oret, n° 41	2,60

On remarque que la densité des échantillons varie entre deux limites rapprochées — 2,57 et 2,65 — à l'exception de l'argile de Strée, dont le poids spécifique plus élevé — 2,80 — est dû à la présence de grains de pyrite relativement nombreux et atteignant au maximum 3 mm.

II. — Lévigation.

L'analyse mécanique par lévigation permet le fractionnement des particules dont les dimensions s'échelonnent entre deux

limites déterminées. D'après Andreassen (7), le classement des particules comprises entre 0,01 et 0,1 mm. de diamètre est très satisfaisant. D'autre part, Köhn (10) nous apprend que ces limites peuvent être fixées à 0,20 mm. au minimum et 2 mm. au maximum pour des particules d'un poids spécifique de 2,5 à 3,5.

Il existe un grand nombre d'appareils de lévigation qui ne diffèrent les uns des autres que par quelques détails de construction. Ils sont tous basés sur le même principe. Pour nos expériences, nous avons fait appel aux appareils de Schulze et de Kopecky.

PRÉPARATION DES ÉCHANTILLONS. — L'échantillon destiné à l'analyse mécanique par voie aqueuse doit être préalablement délité. On y parvient de la manière suivante : l'argile séchée à l'air est broyée grossièrement, puis passée au tamis B.M. n° 10. Un échantillon de 5 gr. est prélevé pour la détermination de la teneur en eau après séchage à 110°. Une nouvelle prise de 25 gr. est alors faite pour la lévigation.

Le plus souvent, l'échantillon dispersé dans l'eau est porté à l'ébullition. Mais, dans certains cas, il arrive qu'il y ait coagulation plus ou moins prononcée due à la présence d'électrolytes, ce qui constitue un obstacle à la dispersion. Pour obtenir celle-ci, l'adjonction d'un stabilisateur est nécessaire : Andreassen (7) préconise l'emploi du citrate de potassium. Vinther et Lasson (11), se basant sur différents essais effectués en présence de NH^4OH , de CO^3Na^2 , de CO^3Li^2 , de citrate de potassium, de CNSK et de $\text{P}^2\text{O}^7\text{Na}^4$, préfèrent ce dernier sel pour les résultats très satisfaisants qu'il procure. Nous avons adopté cette dernière manière de voir pour nos expériences.

A. — Appareil de Schulze.

La description de cet appareil figure dans de nombreux traités (8, 12).

Pour augmenter le nombre des fractions obtenues, nous avons monté en série deux appareils de Schulze (fig. 1a) en fixant à 1 : 2 le rapport des diamètres des deux appareils. Ce montage permet d'obtenir 3 fractions pour un débit déterminé.

Pour un premier débit de 32,8 cm³/minute, le classement des particules s'établit comme suit :

1^{er} récipient : particules de $r > 0,010$ mm.

2^{er} récipient : particules de $0,010$ mm. $> r > 0,005$ mm.

Flacon (n° 1) : particules de $r < 0,005$ mm.

En augmentant le débit à 130,2 cm³/minute, nous obtenons un second classement :

1^{er} récipient : particules de $r > 0,020$ mm.

2^e récipient : particules de $0,020 \text{ mm.} > r > 0,010$ mm.

Flacon (n° 2) : particules de $r < 0,010$ mm.

Les deux opérations permettent donc d'obtenir 4 fractions :

1° Fraction A : particules de $r > 0,020$ mm.

2° Fraction B : particules de $0,020 \text{ mm.} > r > 0,010$ mm.

3° Fraction C : particules de $0,010 \text{ mm.} > r > 0,005$ mm.

4° Fraction D : particules de $r < 0,005$ mm.

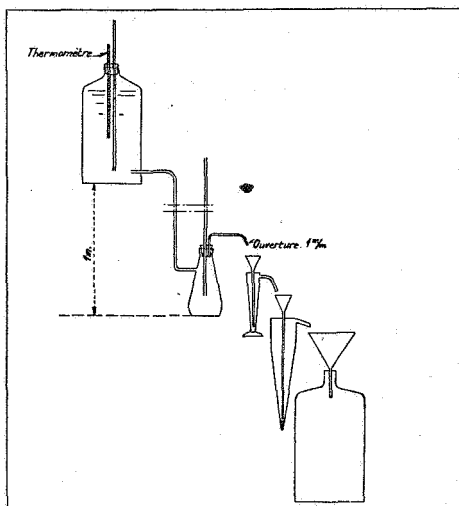


Fig. 1a. — Appareil de Schulze.

RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX. — Le tableau IV indique les résultats obtenus.

TABLEAU IV.

Echantillons	Fract. A	Fract. B	Fract. C	Fract. D	Total
Argile Acoz n° 2	12,4 %	11,8 %	3,6 %	71,8 %	99,6 %
Argile Hanzinne n° 7	2,7 %	8,0 %	6,3 %	83,4 %	100,4 %
Argile Biesme n° 8	3,0 %	2,3 %	9,4 %	86,4 %	101,1 %
Argile Morialmé n° 20	4,1 %	5,6 %	8,2 %	83,4 %	101,3 %
Argile Fraire n° 28	30,6 %	13,8 %	3,7 %	51,1 %	99,2 %
Argile Yves-Gomezée n° 30	33,9 %	5,6 %	9,7 %	51,4 %	100,6 %
Argile Strée n° 41	6,2 %	8,4 %	8,2 %	76,6 %	99,4 %

B. — Appareil de Kopecky.

Le fonctionnement de l'appareil de Schulze présente deux légers inconvénients ayant une répercussion sur l'exactitude des résultats. Le premier résulte du brassage imparfait des particules se trouvant au fond du premier récipient pour un faible débit du courant d'eau, l'étranglement du tube amenant celui-ci étant situé à 1 cm. du fond du vase, et certains grains qui devraient être entraînés par le courant étant retenus par des grains plus gros. Le second inconvénient provient des remous causés dans le liquide par l'arrivée accidentelle de bulles d'air entraînées par le courant d'eau descendant dans le tube central.

Nous avons, par conséquent, fait appel à l'appareil de Kopecky, lequel est très employé dans les laboratoires de pédologie et dépourvu des inconvénients qui viennent d'être cités. La description de cet appareil figure dans plusieurs traités (8, 12, 13).

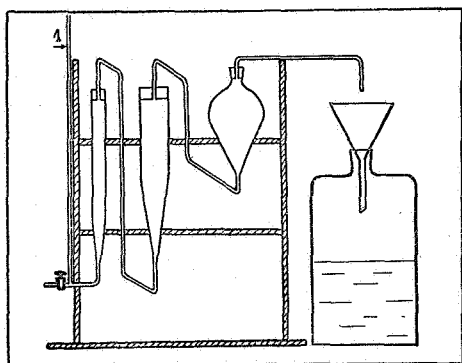


Fig. 1b. — Appareil de Kopecky.

1 : Piézomètre.

L'appareil que nous avons fait construire (voir fig. 1b) a été muni d'un piézomètre. Le vase de grand diamètre a subi la modification de Krauss pour éviter la formation de remous nuisibles au classement des particules.

Les dimensions des vases furent choisies de façon à obtenir des fractions dont les rayons maxima seraient dans le rapport 1 : 2 : 4. Leurs diamètres étaient par conséquent dans le même rapport.

Pour un débit de 49,5 cm³/minute, on obtenait 4 fractions :

- 1^{er} récipient : particules de $r > 0,020$ mm. fraction A.
 2^e récipient : particules de $0,020 > r > 0,010$ mm. fraction B.
 3^e récipient : particules de $0,010 > r > 0,005$ mm. fraction C.
 Flacon : particules de $r > 0,005$ mm. fraction D.

RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX. — Les expériences ont porté sur 4 échantillons, dont 3 argiles déjà examinées avec l'appareil de Schulze, et le kaolin d'Oret.

Le tableau V les résume.

TABLEAU V.

Echantillons	Fract. A	Fract. B	Fract. C	Fract. D	Total
Argile Hanzinne n° 7	1,5 %	3,7 %	4,7 %	90,5 %	100,4 %
Argile Morialmé n° 20	4,4 %	6,3 %	3,2 %	86,4 %	100,6 %
Argile Yves-Gomezée n° 30	28,6 %	13,2 %	5,5 %	53,1 %	100,1 %
Kaolin d'Oret n° 11	1,6 %	3,5 %	4,5 %	90,7 %	100,3 %

VALEUR COMPARÉE DES APPAREILS DE SCHULZE ET DE KOPECKY. —

La comparaison des résultats obtenus avec les appareils de Schulze et de Kopecky révèle quelques écarts. Les plus importants concernent les fractions B et C, dont les proportions sont de l'ordre de quelques pour cent; les écarts constatés sur les fractions D sont plutôt minimes.

Nous estimons que la cause de ces écarts doit être imputée à la moins grande précision de l'appareil de Schulze, dont les inconvénients viennent d'être signalés. L'appareil de Kopecky est par contre plus précis, aucune particule n'échappant à l'action du courant débouchant du fond du vase et la hauteur des cylindres assurant la régularité du courant.

Les chiffres obtenus nous permettent néanmoins de connaître, à quelques pour cent près, la quantité d'argile proprement dite de chaque échantillon, et de fixer la valeur approximative de la fraction sableuse — de $r > 0,020$ mm. Le but visé est donc atteint, et les résultats peuvent être considérés comme très satisfaisants.

III. — Sédimentation.

L'analyse mécanique par sédimentation peut être appliquée aux particules dont les diamètres varient entre 0,01 et 0,0005 mm. (7). Elle complète fort bien la lévigation, dont les résultats ne sont admissibles qu'entre 0,1 et 0,01 mm. de diamètre.

La théorie de cette méthode a été exposée, notamment, par Sven Oden (14), inventeur de plusieurs appareils à sédimentation très précis, et par Andreassen (7), dont les appareils à pipette extrêmement pratiques sont très employés.

Notre choix s'est porté sur l'appareil d'Andreassen (3, 7, 11), qui a fait ses preuves dans l'étude des sédiments argileux.

Le montage de cet appareil et de ses accessoires a été effectué d'après les données de Vinther et Lasson (11) et de De Keyser (3). Nous avons adopté la technique préconisée par ce dernier pour les mesures expérimentales, notamment en ce qui concerne la réduction de la durée de celles-ci de 4 jours à 1 journée.

CALCUL DES FRACTIONS. — Les expériences portaient sur des prises d'essai de 3 gr. mises en suspension d'après la méthode déjà décrite au paragraphe concernant la lévigation.

Connaissant le volume V du liquide contenu dans la pipette et le poids P d'argile en suspension, il est facile de calculer le poids c de substance contenu dans les 10 cc. de chaque prélèvement :

$$c = \frac{P \cdot 10}{V} \text{ gr.}$$

Le poids p de résidu sec d'argile contenu dans chaque prise de 10 cc. est donné par le poids p' du résidu contenu dans chaque creuset diminué du poids de $P^2O^7Na^4$ contenu dans 10 cc. de la suspension.

La solution de $P^2O^7Na^4$ contient 47,1 gr. au litre, soit 0,2455 gr. dans 5 cc. Ces 5 cc. sont répartis dans le volume V de la suspension; la quantité contenue dans 10 cc. de suspension sera donc de

$$q = \frac{0,2455 \times 10}{V} \text{ gr.}$$

Le poids p du résidu sec sera donc :

$$p = p' - q = p' - \frac{2,455 \text{ gr.}}{V}$$

Ce poids p représente le poids de toutes les particules dont la vitesse de chute est inférieure à $\frac{h}{t}$ (t =temps auquel la mesure est effectuée, h =hauteur du liquide au-dessus de l'orifice inférieur de la pipette) et qui se trouvent à leur concentration primitive. Celles dont la vitesse est supérieure à $\frac{h}{t}$ se trouvent au-dessous du niveau de prélèvement.

D'autre part, au même temps t , le rayon limite des particules déjà déposées est donné par la formule

$$r = \sqrt{\frac{h}{Ct}}$$

où C =constante de Stokes.

La répétition de ces mesures nous permet d'établir une courbe de répartition des particules en fonction de leurs dimensions. Cette courbe est la *courbe cumulative* caractéristique de l'argile étudiée.

Les dimensions des particules peuvent être représentées de plusieurs manières : on fait appel soit au rayon r , soit au côté k du cube de même volume que la sphère de rayon r . Cette dernière représentation est celle adoptée par Vinther et Lasson (11) et De Keyser (3) dans leurs travaux sur la sédimentation des argiles et kaolins; nous l'avons également choisie pour le présent travail.

Le rapport entre k et r est facilement calculé :

$$k^3 = \frac{4}{3}\pi r^3; \text{ d'où } k = \sqrt[3]{\frac{4}{3}\pi r^3},$$

$$k = 1,612 r.$$

RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX (fig. 2). — Chacune des argiles étudiées a été soumise à deux sédimentations. Les données établies par calcul ont été reportées sur papier semilogarithmique. Les points expérimentaux obtenus permirent de tracer la courbe cumulative caractéristique de l'argile étudiée.

Le tableau VI indique quelques proportions des éléments de différentes grandeurs calculées à partir des graphiques.

La dernière colonne de ce tableau nous renseigne sur le pourcentage des fractions argileuses, c'est-à-dire celles dont les particules possèdent une dimension k inférieure à 0,008 mm., correspondant à un rayon de 0,005 mm.

TABLEAU VI.

Argiles	% fraction $k > 10\mu$	% fraction $k < 10\mu$ et $> 5\mu$	% fraction $k < 5\mu$ et $> 2,5\mu$	% fraction $k < 2,5\mu$ et $> 1\mu$	% fraction $k < 1\mu$ et $> 0,5\mu$	% fraction $k < 0,5\mu$	% fraction argileuse aux particules $k < 8\mu$
Acoz N° 2	22,0	6,0	16,0	9,5	4,0	42,5	77,0
Hanzinne N° 7	8,5	6,5	7,0	7,5	4,0	66,5	89,5
Biesme N° 8	6,0	2,0	3,5	10,5	14,5	63,5	94,0
Kaolin d'Oret N° 11	5,0	5,0	8,5	13,0	15,5	53,0	94,0
Morialmé N° 20	8,5	1,5	3,5	8,0	5,0	73,5	90,5
Fraire N° 28	42,5	2,5	5,0	4,5	4,5	41,0	57,0
Yves-Gomezée N° 30	40,0	2,0	1,0	1,0	3,0	53,0	59,0
Strée N° 41	11,0	14,0	22,0	23,0	11,0	19,0	86,0

DISCUSSION DES RÉSULTATS. — Les courbes de sédimentation présentent, à l'exception de l'une d'entre elles, une allure assez régulière (fig. 2).

Argile d'Acoz : Courbe présentant une brusque dénivellation entre 3,5 et 5 microns. Il existe donc une proportion relativement grande d'éléments dont les dimensions sont comprises entre ces deux limites. Cette courbe est la seule de ce genre.

Argile de Biesme : Courbe très régulière dont la convexité est tournée vers le haut. Les éléments constituants diminuent de taille de façon continue.

Kaolin d'Oret : Courbe de forme semblable à la précédente.

Argiles d'Hanzinne, Morialmé, Fraire, Yves-Gomezée : Courbes très semblables quant à la forme — légèrement sigmoïde — et dont l'aplatissement varie jusqu'à présenter, dans le cas de l'argile 30, une différence de pourcentage de l'ordre de 6 % pour les valeurs de k comprises entre 0,0005 et 0,010 mm.

Argile de Strée : Même type de courbe, mais la variation du pourcentage des éléments par rapport aux dimensions est très forte — 70 % pour les valeurs comprises entre 0,0005 et 0,010 mm.

Les résultats quantitatifs suggèrent les réflexions suivantes (voir tableau VI) :

Les argiles d'Hanzinne, Biesme, Morialmé et Strée ont une

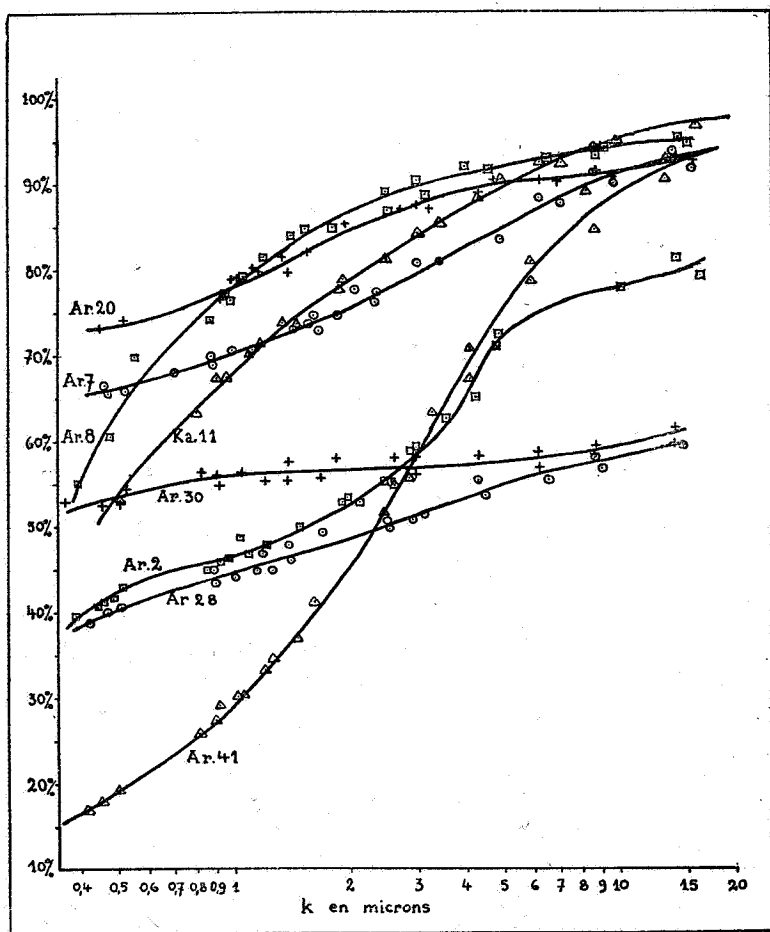


Fig. 2. — Sédimentation. Courbes cumulatives.

Ar. 2 : argile Acoz. — Ar. 7 : argile Hanzinne. — Ar. 8 : argile Biesme. — Ar. 20 : argile Morialmé. — Ar. 28 : argile Fraire. — Ar. 30 : argile Yves-Gomezée. — Ar. 41 : argile Strée. — Ka. 11 : kaolin Oret.

fraction argileuse de $k < 0,008$ mm. d'une valeur moyenne de 90 % ; l'une d'entre elles, l'argile 8, atteint le maximum de 94 %.

Viennent ensuite l'argile d'Acoz, où la proportion des particules inférieures à 0,008 mm. est encore élevée, — 77 %, — et les argiles de Fraire et d'Yves-Gomezée, qui ne possèdent plus qu'une assez faible fraction argileuse — voisine de 58 %.

Néanmoins, ces chiffres ne doivent pas nous tromper, car à l'examen, le tableau révèle que la proportion des éléments

inférieurs à 0,008 mm. peut varier faiblement ou fortement à mesure que k diminue. C'est ainsi que pour les argiles de Morialmé et de Strée, les proportions de 90,5 et 86 % pour k inférieur à 0,008 mm. passent à 73,5 et 19 % pour k inférieur à 0,0005 mm. Ces chiffres sont les plus extrêmes que nous relevons.

Un autre cas est celui des argiles de Fraire et d'Yves-Gomezée : malgré le fort pourcentage d'éléments sableux, — 42,5 et 40 % pour k supérieur à 0,010 mm., — la fraction argileuse reste très importante et varie peu à mesure que k diminue. De 57 et 59 % pour k inférieur à 0,008 mm., elle passe à 41 et 53 % pour k inférieur à 0,0005 mm. Les graphiques de ces deux argiles mettent ce fait en évidence. Ceci indique que lorsqu'on élimine la partie sableuse de certaines argiles, la partie restante peut être très riche en éléments argileux.

ÉTUDE THERMIQUE.

L'étude thermique des argiles peut être orientée dans deux voies parallèles : la première consiste en l'*analyse thermique différentielle*, qui rend compte de toutes les transformations intervenant au cours du chauffage, tant les pertes d'eau que les changements d'état; la seconde est l'*étude de la déshydratation*, dans laquelle les pertes d'eau sont mesurées par les pertes de poids en fonction des températures.

I. — ANALYSE THERMIQUE DIFFÉRENTIELLE.

Nous avons utilisé l'appareil de Saladin-Le Chatelier (15), au moyen duquel de nombreux chercheurs ont étudié les propriétés thermiques des minéraux hydratés.

Les appareils nécessaires aux mesures : four et accessoires, appareils électriques, ont été décrits par W. De Keyser dans son travail sur les argiles belges (3). Nous rappellerons toutefois que la croissance linéaire de la température était assurée au moyen d'un autotransformateur entraîné par un mouvement d'horlogerie et que la substance inerte dont on mesurait la température était constituée par de l'alumine calcinée.

Au cours des expériences, la température s'élevait de 20° à 1.100° en 1 h. 45 m.

A. — Interprétation des courbes.

Dans un mélange, la courbe obtenue est la résultante des courbes caractéristiques des constituants. Le nombre de ces

derniers peut rendre difficile l'interprétation de la courbe, d'autant plus que leurs proportions ont une influence sur la forme des crochets. C'est pourquoi nous nous sommes décidé à entreprendre également l'analyse thermique des fractions essentiellement argileuses obtenues par lévigation et dont le rayon des particules est inférieur à 0,005 mm. Ces fractions comportant une proportion de minéraux caractéristiques plus élevée que les échantillons bruts, les phénomènes thermiques nous paraissent devoir être mieux mis en relief et plus facilement interprétables.

Comme source de comparaison, nous avons utilisé les diagrammes des minéraux caractéristiques et des argiles établis par J. Orcel (16), P. Urbain (6) et W. De Keyser (3). La figure 3 représente les courbes types de quelques minéraux présents dans les argiles.

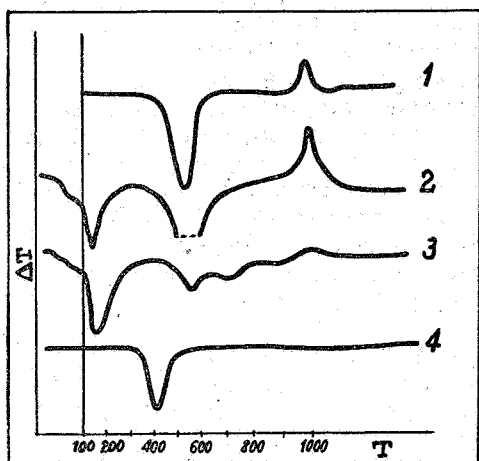


Fig. 3. — Minéraux des argiles. Courbes thermiques types.

1 : kaolinite. — 2 : halloysite. — 3 : montmorillonite. — 4 : gibbsite ou hydrargillite.

L'appareil est réglé de façon que les crochets dirigés vers le bas correspondent aux réactions endothermiques et ceux dirigés vers le haut aux réactions exothermiques. La température de début de chaque transformation est celle correspondant au début du crochet observé.

Le point de rebroussement et la hauteur du crochet ne peuvent donner d'indications précises. En effet, le point de rebroussement est d'autant plus rejeté vers les températures élevées

que la quantité de matière est plus grande (6), tandis que la hauteur du crochet diminue à mesure que la durée d'échauffement s'allonge (3). Les hauteurs de crochets ne pourront donc être comparées que pour des courbes obtenues avec une même vitesse d'échauffement.

B. — Résultats expérimentaux.

I. — ÉCHANTILLONS D'ARGILES BRUTES.

Argile Acoz, n° 2 (fig. 4, courbes 2).

Deux courbes très semblables : le premier crochet, peu prononcé, paraît annoncer la présence d'une petite quantité d'halloysite. Le second crochet, très net, offre un léger palier — demeuré inexplicable — vers 595°.

Présence de kaolinite et d'halloysite.

Argile Hanzinne, n° 7 (fig. 4, courbes 7).

Deux courbes très semblables. Le premier crochet, peu prononcé, annonce la présence d'une faible quantité d'halloysite. Le deuxième crochet est assez net. Le troisième est faible.

Présence de kaolinite et d'halloysite.

Argile Biesme, n° 8 (fig. 4, courbes 8).

Courbes semblables, très particulières. Le premier crochet annonce la présence d'halloysite. A 320°, un crochet très prononcé annonce la présence d'hydrargillite en quantité notable. Les troisième et quatrième crochets sont aussi très nets.

Présence d'hydrargillite, kaolinite et halloysite.

Argile Morialmé, n° 20 (fig. 4, courbes 20).

Une seule des courbes montre un premier crochet peu prononcé; la présence d'halloysite est douteuse. Les autres crochets sont assez semblables.

Présence de kaolinite, peut-être aussi de l'halloysite.

Argile Fraire, n° 28 (fig. 4, courbes 28).

Le premier crochet est presque inexistant. Le deuxième crochet présente un palier resté inexplicable.

Présence de kaolinite, peut-être de l'halloysite.

Argile Yves-Gomezée, n° 30 (fig. 4, courbes 30).

Premier crochet très faible. Deuxième et troisième crochets bien prononcés.

Présence de kaolinite, peut-être de l'halloysite.

Argile Strée, n° 41 (fig. 4, courbes 41).

Un premier crochet indique la présence d'halloysite. Un second crochet, assez faible, surgit vers 225° pour se terminer vers 275°; la cause de ce crochet demeure inconnue.

Il n'y a pas de crochet vers 500°, mais à partir de 450° environ, la courbe subit une inflexion à grand rayon de courbure dont le sommet se situe entre 620 et 650°. La fin de cette inflexion n'est pas déterminable. Ceci ne permet pas d'établir la présence de kaolinite-halloysite, si ce n'est peut-être en très faible quantité.

Il n'apparaît pas de réaction endothermique vers 950°, mais à partir

de cette température, la courbe subit un relèvement se poursuivant au delà de 1.100°.

Présence d'halloysite. Présence de la kaolinite non établie.

Kaolin Oret, n° 11 (fig. 4, courbe 11).

Deux courbes types de *kaolinite*. Crochets extrêmement prononcés.

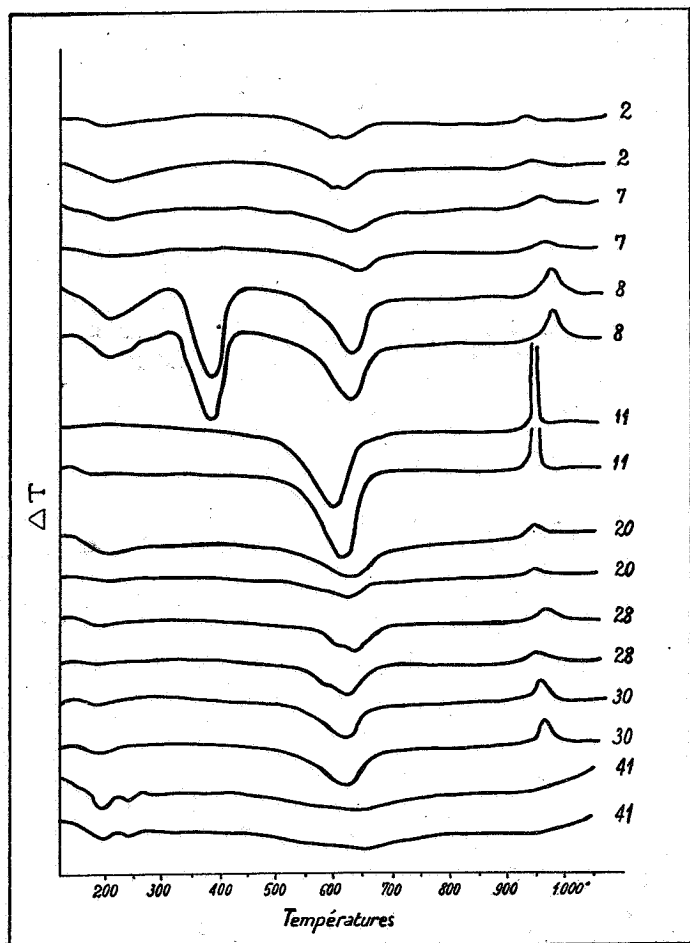


Fig. 4. — Analyse thermique différentielle.

2 : arg. Acoz. — 7 : arg. Hanzinne. — 8 : arg. Biesme. — 11 : kaolin Oret.
— 20 : arg. Morialmé. — 28 : arg. Fraire. — 30 : arg. Yves-Gomezée. —
41 : arg. Strée.

II. — FRACTIONS ARGILEUSES.

L'analyse thermique des fractions de rayon inférieur à 0,005 mm. obtenues par lévigation a fourni les résultats suivants.

Il est à noter que les fractions contenaient parfois une quantité d'eau

plus grande que les échantillons d'argile brute, ce qui ne permet pas de tirer des conclusions absolues quant à l'origine du premier crochet endothermique.

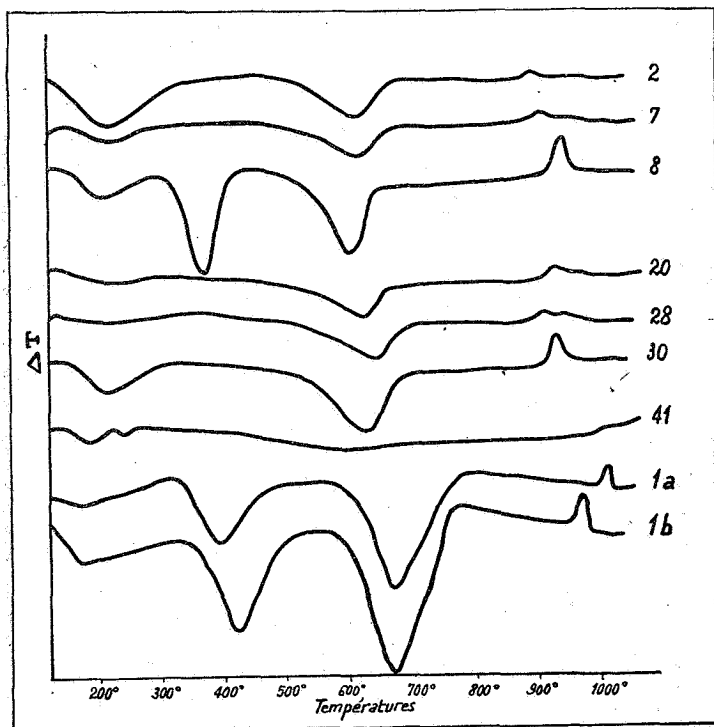


Fig. 5. — Analyse thermique des fractions argileuses.

2 : arg. Acoz. — 7 : arg. Hanzinne. — 8 : arg. Biesme. — 20 : argile Morialmé. — 28 : arg. Fraire. — 30 : arg. Yves-Gomezée. — 41 : arg. Strée.

1a : courbe argile latéritique de Fotoba (île de Los).

1b : courbe argile à hydrargillite de La Meynardie (Dordogne).

Argile Acoz, n° 2 (fig. 5, courbe 2).

Courbe à crochets plus accentués que dans le cas de l'argile brute. Le premier crochet est très prononcé. Le palier du second crochet a disparu.

Présence de kaolinite-halloysite.

Argile Hanzinne, n° 7 (fig. 5, courbe 7).

Les crochets sont légèrement plus accentués que dans le cas de l'argile brute.

Présence de kaolinite-halloysite.

Argile Biesme, n° 8 (fig. 5, courbe 8).

Même constatation que pour l'argile précédente.

Présence de kaolinite-halloysite et gibbsite.

Argile Morialmé, n° 20 (fig. 5, courbe 20).

Courbe intermédiaire aux deux courbes d'argile brute.

Présence de kaolinite, peut-être de l'halloysite.

Argile Fraire, n° 28 (fig. 5, courbe 28).

L'absence de palier vers 575° distingue seule cette courbe de celles de l'argile brute.

Présence de kaolinite, peut-être de l'halloysite.

Argile Yves-Gomezée, n° 30 (fig. 5, courbe 30).

Courbe à crochets plus accentués que dans le cas de l'argile brute.

Présence de kaolinite-halloysite.

Argile Strée, n° 41 (fig. 5, courbe 41).

Courbe identique à celle de l'argile brute.

Présence d'halloysite. Présence de kaolinite non établie.

Conclusion :

Les courbes des fractions argileuses apparaissent donc comme étant souvent plus accentuées que celles des argiles brutes. Elles n'apportent néanmoins pas d'éléments nouveaux d'information permettant d'expliquer les anomalies de certaines courbes, celles de l'argile de Strée, par exemple.

L'analyse thermique différentielle des fractions argileuses ne présente donc qu'un intérêt secondaire.

C. — Remarque à propos des termes kaolinite et halloysite.

L'analyse thermique ne permet pas toujours de distinguer la kaolinite de l'halloysite. M. Mehmel (18) a, en effet, montré l'existence de deux variétés de ce minéral : l'*halloysite* proprement dite, dont la courbe thermique, semblable à celle de la kaolinite, présente en plus un crochet endothermique prononcé aux environs de 100° correspondant à une perte d'eau, et la *métahalloysite*, de même formule chimique et propriétés thermiques que la kaolinite. Notons que ces deux variétés sont appelées différemment par Hendricks (17), qui réserve le nom d'*hydrohalloysite* à la première et d'*halloysite* à la seconde. De ces deux dénominations, la première est préférable, car il est plus conforme à l'usage d'appeler halloysite le minéral le plus hydraté.

II. — ÉTUDE DE LA DÉSHYDRATATION.

L'étude de la déshydratation par la thermo-balance offre sur la méthode précédente l'avantage de renseigner quantitativement sur les pertes d'eau subies au cours du chauffage. L'analyse thermique différentielle n'apporte, en effet, sur la composition de mélanges tels que les argiles, que des renseignements *qualitatifs* (6) sur les réactions endothermiques ou exothermiques correspondant à des déshydratations ou des changements d'état.

Ainsi, cette méthode permettra de fixer avec une certaine précision le pourcentage d'un minéral hydraté en déterminant les pertes d'eau qu'il subit au cours du chauffage.

PRINCIPE DE LA MÉTHODE ET APPAREIL UTILISÉ. — La *méthode* consiste à suspendre à l'un des plateaux d'une balance l'échantillon d'argile à examiner et à le placer dans un four dont la température s'élève régulièrement. On mesure alors les températures correspondant aux pertes de poids, ce qui permet d'établir le graphique caractéristique de l'argile étudiée — pour un échantillon de poids connu. Les *appareils* de G. Urbain et Ch. Boulanger (19), M. Guichard (20), P. Dubois (21) et W. De Keyser (3) sont tous basés sur le principe qui vient d'être exposé.

Pour nos mesures, nous avons fait appel au type d'appareil décrit par W. De Keyser; il fournit des renseignements suffisamment précis (voir fig. 6).

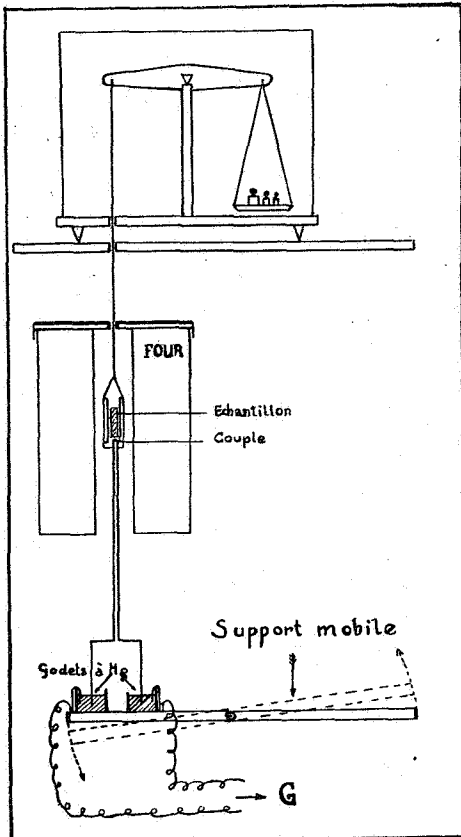


Fig. 6. — Thermo-balance.

Le réglage de la température du four est assuré par un auto-transformateur. La température passe de 20° à 900° en 1 h. 45 m.

ÉTUDE EXPÉRIMENTALE. — Nous avons appliqué la méthode de la « thermo-balance » à l'étude de deux argiles qui s'étaient révélées comme possédant des caractères très particuliers au cours de l'analyse thermique différentielle. Il s'agit de l'argile de Bièsmes et de l'argile de Strée.

Dans le cas de l'argile de Bièsmes, il nous a paru intéressant de fixer le pourcentage de gibbsite d'après la quantité d'eau perdue entre 320° et 400°. Dans le cas de l'argile de Strée, la courbe poids-température était destinée à nous indiquer s'il existait effectivement une déshydratation vers 550°, caracté-

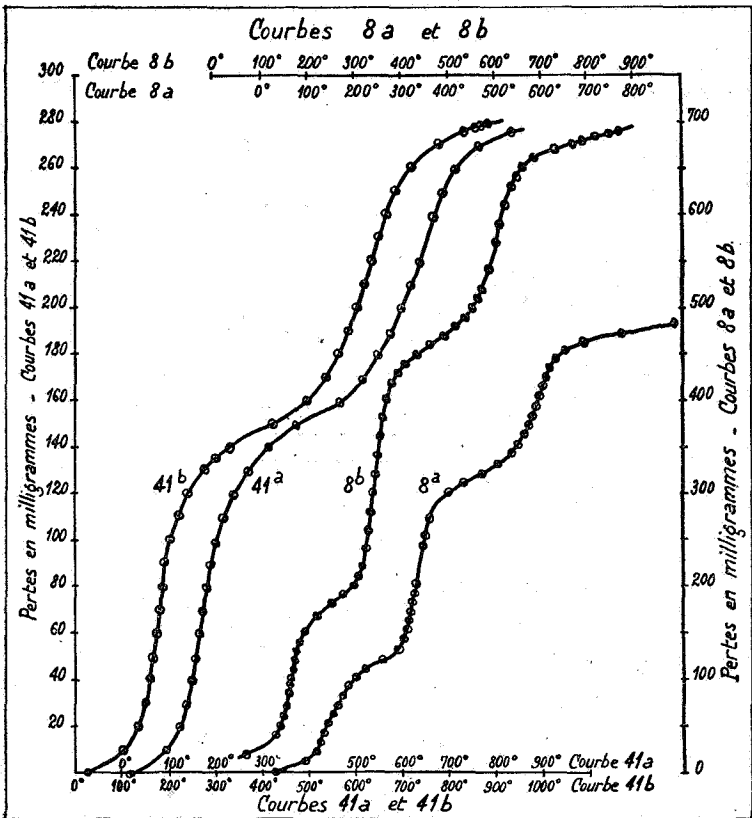


Fig. 7. — Courbes de déshydratation.

8a et 8b : argile de Bièsmes, essais 1 et 2.

41a et 41b : argile de Strée, essais 1 et 2.

ristique de la présence de la kaolinite qui n'était pas révélée par l'analyse thermique différentielle.

Les résultats obtenus sont les suivants (voir fig. 7) :

ARGILE BIESME, N° 8.

Première expérience :

Poids éprouvette sèche	1,755 gr.
Perte d'eau à 300°	0,190 gr.
Perte d'eau à 550°	0,120 gr.

1. Pourcentage H²O gibbsite :

$$\frac{0,190 \times 100}{1,755} = 10,8 \%$$

or,

$$\frac{3\text{H}^2\text{O}}{\text{Al}^2\text{O}^3, 3\text{H}^2\text{O}} = 0,346 ;$$

d'où : Pourcentage gibbsite :

$$\frac{10,8}{0,346} = 31,2 \%$$

2. Pourcentage H²O kaolinite :

$$\frac{0,120 \times 100}{1,755} = 6,85 \%$$

or,

$$\frac{2\text{H}^2\text{O}}{2\text{SiO}^2, \text{Al}^2\text{O}^3, 2\text{H}^2\text{O}} = 0,1565 ;$$

d'où : Pourcentage kaolinite :

$$\frac{6,85}{0,1565} = 44,1 \%$$

Deuxième expérience :

Poids éprouvette sèche	2,522 gr.
Perte d'eau à 300°	0,270 gr.
Perte d'eau à 550°	0,190 gr.

1. Pourcentage H²O gibbsite :

$$\frac{0,270 \times 100}{2,522} = 10,7 \%$$

d'où : Pourcentage gibbsite :

$$\frac{10,7}{0,346} = 30,9 \%$$

2. Pourcentage H²O kaolinite :

$$\frac{0,190 \times 100}{2,522} = 7,53 \%$$

d'où : Pourcentage kaolinite :

$$\frac{7,53}{0,1565} = 48,5 \%$$

RESULTATS MOYENS : gibbsite 31 % environ;
kaolinite 46 % environ.

ARGILE DE STRÉE, n° 41.

Première expérience :

Poids éprouvette sèche	3,072 gr.
Perte H ² O à 550°	0,120 gr.

Pourcentage H²O kaolinite :

$$\frac{0,120 \times 100}{3,072} = 3,91 \%$$

or

$$\frac{2\text{H}_2\text{O}}{2\text{SiO}_2 \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} = 0,1565 ;$$

d'où : Pourcentage kaolinite :

$$\frac{3,91}{0,1565} = 25,0 \%$$

Deuxième expérience :

Poids éprouvette sèche	3,060 gr.
Perte H ² O à 550°	0,120 gr.

Pourcentage H²O kaolinite :

$$\frac{0,120 \times 100}{3,060} = 3,92 \%$$

d'où : Pourcentage kaolinite :

$$\frac{3,92}{0,1565} = 25,0 \%$$

RÉSULTAT MOYEN : kaolinite = 25 %.

DISCUSSION DES RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX. — Les expériences mettent en relief les faits suivants : *L'argile de Biesme, n° 8*, contient une forte proportion de gibbsite — 31 % — et de kaolinite — 46,3 %. *L'argile de Strée, n° 41*, ne contient qu'une faible proportion de kaolinite — 25 %. Cette quantité est inférieure de près de la moitié à celle existant dans l'argile de Biesme. Ceci serait de nature à expliquer l'allure peu accidentée de la courbe d'analyse thermique différentielle de cette argile. Néanmoins, cette explication ne paraît pas suffisante, les crochets endothermique et exothermique faisant presque totalement défaut. Il nous faut donc supposer qu'une autre cause est à l'origine de l'allure de la courbe.

COURBES DIFFÉRENTIELLES DE DÉSHYDRATATION. — Les courbes obtenues au cours de l'étude de la déshydratation et tracées en fonction des facteurs température-perte de poids, peuvent être aisément transformées par différenciation graphique en courbes comparables à celles de l'analyse thermique différentielle. C'est la méthode proposée et utilisée par W. De Keyser (3).

La perte en eau p étant fonction de la température T , nous avons la relation $p=f(T)$, et

$$\frac{dp}{dT} = f'(T) = \alpha,$$

α étant la tangente à la courbe en chaque point considéré.

Il nous sera possible d'établir, au départ de la courbe de déshydratation, et par points successifs, une nouvelle courbe des variations des pertes de poids en fonction des températures.

Appliquons cette méthode à l'étude des argiles de Biesme et de Strée et examinons les courbes construites (fig. 8) :

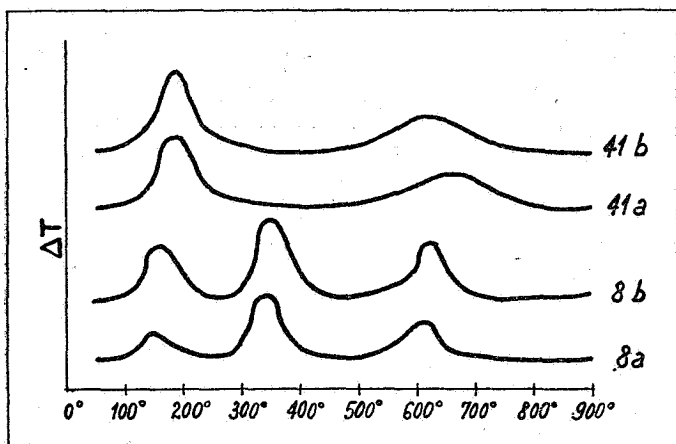


Fig. 8. — Courbes différentielles de déshydratation.

8a et 8b : argile de Biesme, essais 1 et 2.

41a et 41b : argile de Strée, essais 1 et 2.

Argile de Biesme, n° 8.

Les courbes sont très semblables à celles de l'analyse thermique différentielle. Elles révèlent l'existence de gibbsite, de kaolinite et d'halloysite.

Argile de Strée, n° 41.

Les courbes accusent un crochet vers 500° correspondant à la présence de kaolinite, minéral que l'analyse thermique différentielle ne mettait pas en évidence.

Il apparaît donc que les courbes différentielles de déshydratation sont comparables à celles de l'analyse thermique différentielle, mais qu'elles sont plus explicites que ces dernières, car elles révèlent les pertes d'eau qui peuvent échapper parfois à l'analyse thermique différentielle, pertes d'eau qui permettent d'identifier les minéraux présents.

III. — CONCLUSIONS.

1° Les résultats.

Les résultats acquis par l'étude thermique nous permettent de classer les argiles étudiées en un certain nombre de types :

1° Les argiles d'Acoz, Hanzinne, Morialmé, Fraire et Yves-Gomezée appartiennent au type kaolinitique-halloysitique. Notons toutefois que les proportions de kaolinite et d'halloysite sont variables, notamment en ce qui concerne cette dernière, dont la présence, dans certains cas, est même douteuse.

2° L'argile de Biesme est une argile kaolinitique-halloysitique à gibbsite; ou encore une argile gibbsitique. Les proportions de gibbsite et de kaolinite-halloysite sont élevées : respectivement 31 % et 46 % environ. Cette argile est particulièrement intéressante du fait de la présence de gibbsite. Celle-ci se rencontre généralement dans les latérites et bauxites. Les courbes thermiques de l'argile latéritique de Fotoba (île de Los) et de l'argile à hydrargillite de La Meynardie (Dordogne) (fig. 5, courbes 1a et 1b) sont comparables à celle de l'argile de Biesme.

Si nous faisons appel à la classification de Lacroix (22), nous devons donc ranger l'argile de Biesme parmi les argiles latéritiques, lesquelles contiennent 10 à 50 % d'éléments latéritiques, les argiles et kaolins n'en contenant que 10 % au maximum.

Le problème de l'origine de la gibbsite de l'argile de Biesme reste posé. Nous y reviendrons dans une note ultérieure.

3° L'argile de Strée présente une faible proportion d'éléments argileux : kaolinite et halloysite. Elle doit être classée à part des autres argiles, car ses courbes thermiques sont très particulières, notamment par l'absence de crochets à 500° et 950°, qui ne peut être expliquée que par la faible quantité de minéraux argileux et par l'existence d'un crochet endothermique débutant à 225°, dont l'origine reste inconnue.

Remarquons que les particularités de cette argile coïncident avec son origine frasnienne, les autres argiles étant d'âge landénien ou oligocène et d'origine fluvio-lacustre.

4° Le kaolin d'Oret offre les courbes thermiques typiques de la kaolinite.

2° Les méthodes.

Les méthodes utilisées au cours de l'étude thermique nous suggèrent les réflexions suivantes :

L'analyse thermique différentielle permet d'identifier les

minéraux hydratés, mais elle doit nécessairement être complétée par *l'étude de la déshydratation par thermobalance*, si l'on désire obtenir des renseignements d'ordre quantitatif, ou déceler certains minéraux échappant à l'analyse thermique, du fait de leurs faibles proportions notamment.

L'analyse thermique des fractions argileuses est d'un intérêt secondaire; elle ne permet pas d'expliquer les anomalies présentées par certaines courbes thermiques.

Les courbes différentielles de déshydratation viennent utilement compléter les données nécessaires pour l'interprétation des courbes d'analyse thermique différentielle.

Laboratoire de Minéralogie de l'Université de Bruxelles.

BIBLIOGRAPHIE.

1. R. MARLIÈRE, Argiles et Sables wealdiens du Hainaut [*Publ. A.I.M.s*, **48** (1934)].
2. C. CAMERMAN, *Bull. Soc. belge Géol.*, **49**, 1939, 80.
3. W. DE KEYSER, Beidrage tot de Studie van het Kaolien en van enkele Belgische Kleisoorten (*Ann. Mines Belg.*, **39**, 1938, 985).
4. A. SCHOEP et V. BILLIET, *Natuurwetenschap. Tijdschrift*, **20**, 1938, 65.
5. G. VIGNERON, *Bull. Soc. belge Géol.*, **48**, 1938, 635.
6. P. URBAIN, *Introduction à l'Etude des Roches argileuses*, Paris, 1937.
7. A. ANDREASSEN, *Koll. Chem. Beih.*, **27** (1928), 349. — *Ber. Deut. Ker. Ges.*, fasc. 7 (1930).
8. H. GESSNER, *Die Schlämanalyse*, Leipzig, 1931 (traduction française de J. BUFFLE, *L'Analyse mécanique*, Paris, 1936).
9. L. CAYEUX, *Introduction à l'Etude pétrographique des Roches sédimentaires*, Paris, 1893.
10. M. KÖHN, *Landw. Jarhb.*, **67** (1928), 539.
11. E. H. VINTHER et M. LASSON, *Ber. Deut. Ker. Ges.*, **14** (1933), 259.
12. KRUMBEIN et PETTJOHN, *Manual of Sedimentary Petrography*, 1938.
13. J. KOPECKY, *Int. Mitt. f. Bodenkunde*, **4** (1914), 19.
14. SVEN ODEN, *Int. Mitt. f. Bodenkunde*, **5** (1915), 33. — *Koll. Zeit.*, **18** (1916), 33.
15. LE CHATELIER et SALADIN, *La Revue de Métall.*, I (1904), 134; IX (1912), 136.
16. J. ORCEL, *VII^e Cong. Int. Mines Métall. et Géol. appl.*, Paris, 1935, t. I, 359 — *Bull. Soc. fr. de Minér.*, **50** (1927), 278. — *C. R. Acad. Sc. Paris*, **183** (1926), 565.
17. S. HENDRICKS, *American Mineralogist*, **23** (1938), 170.
18. M. MEHMEI, *Chemie der Erde*, **11** (1937), 1.
19. G. URBAIN et CH. BOULANGER, *C. R. Acad. Sc. Paris*, **154** (1912), 347.
20. M. GUICHARD, *Bull. Soc. Chim. France*, **2** (1935), 539; **37** (1925), 62 et 251.
21. P. DUBOIS, *Thèse*, Paris, 1935.
22. A. LACROIX, *Minéralogie de la France et de ses colonies*, Paris, 1893-1913.

Ce qu'est le « Vraconien » en Belgique,

par RENÉ MARLIÈRE (Mons).

Le titre de cette note peut laisser croire à un problème mal posé. Le « Vraconien » est une chose définie et nommée par Renevier dès 1867. Cette même chose stratigraphique peut exister en Belgique, en tout ou en partie, mais il ne nous appartient pas de chercher une nouvelle définition pour restreindre ou étendre l'acception du terme.

En fait, il s'agit surtout ici de montrer quelle place exacte occupent les terrains albiens de Belgique dans la classification chronologique.

*
**

Le Vraconien trouve son type paléontologique dans la faune des grès verts du village La Vraconne ⁽¹⁾, près Sainte-Croix (Suisse), où il désigne une faune et un facies.

Les auteurs ont appliqué le terme de Renevier (1867), à tort ou à raison, avec des acceptions différentes et parfois quelque peu arbitraires. En fin de compte, il faut en revenir à La Vraconne, quitte à préciser avec un outil paléontologique perfectionné l'âge exact des faunes.

Dans cet esprit, M. Breistroffer (1936), étudiant à nouveau les ammonites du célèbre gisement suisse, nous apprend : « la faune des grès verts de La Vraconne n'est elle-même pas très homogène et résulte d'une condensation de plusieurs faunules successives qui, dans d'autres localités, se sont succédé dans le temps. » L'auteur distingue, de bas en haut :

Une zone inférieure à *Hystoceras orbigny* SPATH, *Prohystoceras candollianum* et *P. (Neoharpoceras) hugardianum*, qui équivaut à la zone VI a de M. Ch. Jacob (1907), soit à l'Inflatieratien de M. Spath.

Une zone supérieure à *Stoliczkaia dispar*, *Pervinquieria (Durnovarites) quadrata*, *Turrilites (?) bergeri* et *Ostlingoceras puzosianum*, attribuée à la zone VI b de M. Jacob, soit au Pleurohoplitien de M. Spath.

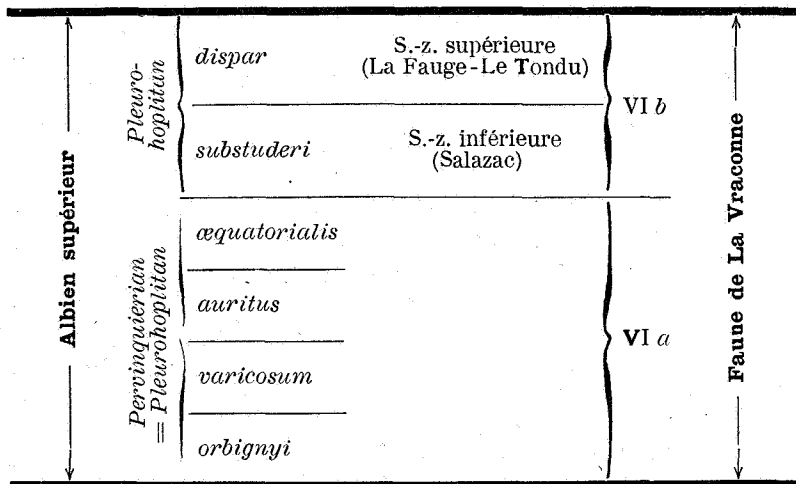
Cette zone supérieure se subdivise à son tour en deux sous-zones distinctes :

(1) Ou La Vraconnaz, ou encore La Vraconaz, d'où, sans doute, des orthographes différentes : *Vraconnien* ou *Vraconien*.

Sous-zone inférieure (Salazac [Gard]) qui correspond à peu près au niveau à *Pleurohoplites substuderi* de M. Spath;

Sous-zone supérieure (La Fauge [Isère], Le Tondu [B^{ses} Alpes]) qui représente le niveau à *Stoliczkaia dispar* de M. Spath.

Si l'on place ces subdivisions en regard de la succession des zones d'ammonites établie par M. Spath (1923), on obtient la représentation ci-après :



M. Breistroffer apporte ainsi la preuve éclatante de ce que la faune de La Vraconne, où l'on trouve les espèces des zones VI a et VI b, occupe bien la place qui revient dans la succession des ammonites à *tout* l'Albién supérieur. En raison même de ces précisions, apportées avec un talent remarquable, il ne me paraît pas souhaitable de restreindre le terme « Vraconien » au seul Pleurohoplitan (zone VI b) avec l'argument que ce sous-étage a « une individualité propre dans une grande partie du globe, depuis l'Inde jusqu'au Texas ». Cette acception, qui demain serait peut-être encore à modifier, nous met en présence d'un Vraconien *largo sensu* (= Albién supérieur) et d'un Vraconien *sensu stricto* (= Pleurohoplitan). Tout au plus pourrions-nous faire usage de Vraconien inférieur (= VI a) et de Vraconien supérieur (= VI b), mais nous disposons déjà de la nomenclature introduite par M. Spath et qui paraît bien suffisante.

Quoi qu'il en soit, jusqu'à ce jour, j'ai toujours employé le nom créé par Renevier avec l'acception la plus large (Albién

supérieur). C'est donc dans ce sens qu'il faut l'interpréter notamment dans mes études paléontologiques et stratigraphiques sur l'Albien et le Cénomaniens du Hainaut (1939).

*
**

Ce faisant, je me suis simplement conformé aux idées reçues.

CHARLES HORION (1859), ALPHONSE BRIART et F. LÉOPOLD CORNET (1866, 1868), JULES GOSSELET (1870), CHARLES BARROIS (1878) ont contribué à faire admettre l'idée que la *Meule de Bracquegnies*, riche des lamellibranches et gastéropodes de Blackdown, devait prendre place dans la zone à *Ammonites inflatus* (ainsi soit dit pour éviter tout anachronisme), en compagnie de la gaize de Marlemont et la gaize de l'Argonne. Charles Barrois y voyait même en 1878 (p. 378) l'équivalent des couches 9 à 11 du gault supérieur de Folkestone, d'après F. G. H. Price.

De leur côté, PICTET et RENEVIER (1874) assimilaient la gaize de l'Argonne au gault supérieur de Sainte-Croix et à la couche moyenne de Cheville.

CHARLES BARROIS écrit, sans équivoque possible, qu'il fait de sa zone *Ammonites inflatus* l'équivalent exact du Vraconien; il obéit à la même idée que Renevier : « Si l'on considère ma liste de fossiles, écrit-il, on trouvera parmi les 148 espèces de ma zone à *Am. inflatus*, 51 espèces ayant vécu dans le gault, plusieurs espèces propres à cette zone et un assez grand nombre d'espèces cénomaniennes : on aurait une faune vraconienne (Renevier), faune spéciale, contenant quelques précurseurs de la faune rotomagienne et quelques retardataires de la faune albienne » (1878, p. 304).

Le terme est appliqué aux couches arénacées et glauconifères du Hainaut, pour la première fois je pense, par JULES GOSSELET dans ses études sur la région de Valenciennes (1913) : « On appliquera ici ce nom, écrit Gosselet, à un ensemble inférieur au tourtia, que les mineurs de France appellent grès vert ou sable vert et que les géologues belges désignent souvent sous le nom de Meule de Bracquegnies » (p. 7); il s'empresse d'ajouter, en attendant les résultats de l'étude des puits d'Harchies : « il est nécessaire de laisser le grès vert et la meule sous un nom unique, celui de Vraconien, *nouveau dans le pays, où il aura une signification assez imprécise* » (1) (p. 8).

(1) Je souligne.

JULES CORNET voulut lever cette imprécision et fit admettre, dans la légende de la carte géologique de Belgique de 1929, le terme « Vraconnien » pour désigner le facies oriental (Meule de Bracquegnies) de ce qu'il attribuait alors à l'Albien supérieur *Ab 3*.

Aujourd'hui, nous possédons une étude d'ensemble et nous connaissons des ammonites; j'ai attribué « en bloc » à l'Albien supérieur mes assises d'Harchies, de Catillon et de Bracquegnies. Peut-on essayer de mieux faire ? — Je le crois, et vais le tenter.

*
**

La succession idéale des zones d'ammonites proposée par M. Spath pour l'Albien et le Cénomaniens sera notre ligne de départ. Portons en regard les termes principaux du Crétacé anglais ainsi que les zones numérotées reconnues dans le Gault par Price (Price beds).

La falaise de Wissant (Pas-de-Calais), si remarquablement analysée par MM. J.-P. et P. Destombes (1938), fournit un jalon de grande valeur entre l'Angleterre et le bassin de Mons. C'est d'ailleurs le seul auquel on puisse faire pleine confiance, les fosses du Pas-de-Calais et du Nord de la France ne se prêtant pas à des interprétations stratigraphiques rigoureuses. J'adopte les vues de MM. Destombes en ce qui concerne les corrélations du Gault de part et d'autre du détroit, en apportant toutefois la retouche indiquée par feu Auguste-Pierre Dutertre, qui, en virtuose de l'ammonite, a montré, par une mise au point demeurée sans réponse, que les dépôts albiens inférieurs ont été ravinés dans le Boulonnais, la mer à *Douvilleiceras mammillatum* ayant recouvert le pays de ses sables glauconifères (Albien moyen) (1938).

J'emprunte encore à la coupe de Wissant l'extension verticale de deux espèces de lamellibranches connues à Harchies : *Inoceramus concentricus* PARK. et *Actinoceramus sulcatus* PARK., qui se prennent en relais et coexistent dans les marnes argileuses immédiatement inférieures au niveau phosphaté n° 6 de MM. Destombes.

Nous avons ainsi suffisamment d'éléments pour situer assez exactement à leur place les assises albiennes du Hainaut.

L'assise de *Bracquegnies* a livré, dans les puits d'Harchies, les espèces ci-après, obligeamment déterminées à ma demande par M. Breistroffer :

L.-F. SPATH (1926)		Price beds	en Angleterre	à Wissant	dans le Hainaut		
Assises :							
ALBIEIN SUPERIEUR	Pleuro-hoplitan	<i>dispar</i>	Cambridge (1)		Grès, sables et poudingues		
		<i>substuderi</i>	greensand			de BRACQUEGNIES	
	Pervinquierian (= Inflatoceran)		12		0	Glauconites et marnes	
		<i>aequatorialis</i>	13				de CATILLON
		<i>auritus</i>	11b		Marnes		Niveau phosphaté
		<i>varicosum</i>	11	Blackdown beds	P h. 6		
ALBIEIN MOYEN	Diploceran	<i>orbigny</i>	9	« Half and half bed » (Folkestone)	Marnes	Gaizes et poudingues	
		<i>crustatum</i>	8	« Junction-bed » (Folkestone)	P h. 5		Niveau phosphaté
	<i>daviesi</i>	7		Couches à gastéropodes	Inoc. concentricus	Assise de POMMERŒUL (?)	
	<i>lautus-nitidus (cornutus)</i>	6	« Mottle bed » (Folkestone)	Marne tachetée			
	<i>delaruei</i>	5		?			
	<i>niobe</i>	4		P h. 4			
	<i>intermedius</i>	3		Marnes			
	<i>dentatus</i>	2					
	<i>benettianus</i>	1c					
	<i>inæquinodum</i>	1b	Nodule bed	P h. 3			
<i>mammillatum</i>	1a						
ALBIEIN INFÉRIEUR	Leymerelian	<i>regularis</i>					
		<i>milletianus</i>					
		<i>schrammeni</i>					
	Acanthoplitan	<i>jacobi</i>			vestiges		
		<i>no lani</i>					

(1) Base du Cénomani en pour la plupart des auteurs en Angleterre.

A 86^m30 :

Hyphoplites cf. *subfulcatus* SEMEN. sp. em. SPATH.

A 88 m. :

Hamites cf. *alternans* ou *H. alternotuberculatus* LEYM.

Anisoceras perarmatum PICT. et CAMP.

Anisoceras sp.

Callihoplites vraconensis PICT. et CAMP. sp. em. SPATH.

Pleurohoplites aff. *subvarians* SPATH. var. nov.

A 95^m75 :

Anisoceras pseudo-elegans P. et C. var.

A 99^m40 :

Torneutoceras virgulatum BRONG. em. P. et C. sp.

A 102^m10 :

Leptohoplites cf. *cantabrigiensis* SPATH.

Cette abondance d'ammonites — toute relative d'ailleurs — permet de reconnaître la zone à *Stoliczkaia dispar* de M. Spath, avec quelques espèces de l'horizon inférieur (à *Pleurohoplites substuderi*) que l'on trouve précisément à Harchies aux profondeurs les plus grandes : *Torneutoceras virgulatum* et *Leptohoplites* cf. *cantabrigiensis*, citées également dans le gisement de Salazac par M. Breistroffer (1936, pp. 64-65).

Nous avons un autre repère, de moindre valeur toutefois : la partie inférieure de l'assise d'Harchies renferme côte à côte *Actinoceramus sulcatus* PARK. et *Inoceramus concentricus* PARK. (à 197^m50 dans le puits). Nous placerons cette association en regard du « half and half bed » (1) anglais, soit entre les lits phosphatés 5 et 6 de MM. Destombes.

Tels sont les faits paléontologiques sur lesquels nous prenons appui.

Pour le reste, il est bien tentant de faire des conglomérats phosphatés accompagnant la base de l'assise de Catillon l'équivalent isopique du Ph. 6 de Wissant. Les nodules phosphatés de la base de l'assise d'Harchies pourraient correspondre au Junction-bed de Folkestone, à la limite du Gault supérieur et de l'Albien moyen. Nous n'avons cependant aucune ammonite pour étayer ces dernières interprétations. MM. Destombes, à qui j'avais communiqué, en 1937, les conclusions de mes recherches en Hainaut avant qu'elles fussent sorties de presse, avaient esquissé le même résultat (1937, p. 109).

(1) Ainsi nommé en Angleterre à cause de la coexistence des deux espèces lamellibranches et des formes de passage de l'une à l'autre.

J'ai écrit en 1939 (conclusion n° 17, p. 391), je précise aujourd'hui, que les assises d'Harchies, de Catillon et de Bracquegnies doivent être attribuées « en bloc » au Vraconien, et j'ajoutai alors, pour éviter toute équivoque, au Vraconien *largo sensu*, soit à l'Albien supérieur. Si des lacunes existent elles sont de peu d'ampleur et ne peuvent être mises en évidence à ce jour.

Quant à l'assise de Pommerœul, très localisée, peu connue, elle a une position plus douteuse. L'*Actinoceramus sulcatus* en étant absent, on ne peut la ranger dans l'Albien supérieur, mais il serait bien téméraire de prétendre la rattacher à l'une des zones de M. Spath.

Faut-il maintenir le « Vraconien » dans la légende de la carte géologique de Belgique? — Ce terme fait double emploi avec « Albien supérieur », et je n'en vois plus l'utilité dans le Hainaut. Je rejoins ainsi l'avis autorisé de M. Spath : « *There is no need to separate the uppermost Albian (Pleurohoplitan) as Vraconian* » (1923, p. 72).

*
**

En acceptant l'interprétation de M. Spath relative à la limite entre Albien et Cénomaniens nous nous trouvons amené à placer côte à côte le « Cambridge Greensand » et la partie la plus élevée de l'assise de Bracquegnies. Ces deux formations, rapprochées par les caractères paléontologiques, sont cependant séparées par une démarcation d'une valeur indéniable. En effet : le Cambridge Greensand placé à la base de la « Chalk Marl » (cénomaniens) ravine le Gault; en Belgique, notre assise de Bracquegnies fait corps avec l'Albien et se trouve recouverte en discordance par les calcaires cénomaniens. La surface de la transgression éocénomaniens dans le bassin de Mons devrait s'indiquer à un niveau supérieur à la zone à *Stoliczkaia dispar*; en Angleterre, si l'on se range à l'avis de M. Spath, le Cénomaniens commencerait sous cette même zone, ou au moins avec elle.

Je ne vois pas là seulement un problème d'accolade. Si l'avis du savant paléontologiste anglais devait se confirmer, nous devrions admettre que la mer à *Stoliczkaia dispar* se retirait du Hainaut en même temps qu'elle progressait en Angleterre, où elle amorçait la transgression éocénomaniens. Je ne doute pas que les géologues anglais, avant de fixer la position du Cambridge Greensand, aient apporté toute leur attention afin de s'assurer que les fossiles qui en font déterminer l'âge sont

bien contemporains du dépôt. On aimerait savoir si vraiment le grès vert de Cambridge est à sa vraie place dans la zone à *Stoliczkaia dispar* ou s'il n'a pas été fait état de faunes allochtones.

Or, je constate que sur ce point les meilleurs spécialistes anglais ont émis des avis contradictoires.

JUKES-BROWNE (1900) a suffisamment insisté sur les remaniements précénomaniens. Pour lui, les nodules phosphatés et les fossiles du grès vert de Cambridge ont été empruntés à la partie supérieure du Gault et y sont remaniés (pp. 56 et 284); il y cite même *Inoceramus concentricus* et *Inoc. sulcatus*, espèces éteintes depuis un temps, au sujet desquelles il semble difficile de commettre une erreur de détermination.

P. G. H. BOSWELL (1929) adopte l'avis de M. Spath, mais comme à regret; il place sous les yeux du lecteur une ancienne figure où le Cambridge Greensand ravine profondément le Gault et emplit de ses nodules les chenaux creusés par l'érosion (p. 399). Le Greensand ne contiendrait plus que des fossiles « semi-remaniés » (*semi-derived fossils*), la plupart d'entre eux étant remaniés sur place (*derivative but « in place »*) (p. 398).

Je sais que le problème peut être délicat et complexe. Il est de même nature que celui que soulèvent les tourtias de l'Artois, au sujet desquels M. Leriche écrit fort justement : « La méthode qui consiste à déterminer l'âge d'un dépôt d'après le degré de fréquence des catégories de fossiles qu'il renferme ne saurait être appliquée aux graviers de base, et par conséquent aux tourtias. A côté des espèces contemporaines de la formation de ces graviers, on trouve, en effet, des formes provenant, par remaniement, des assises sous-jacentes. Il est clair que l'âge de tels dépôts devra être donné par les fossiles les plus récents qu'ils contiennent » (1907, p. 128). J'ajoute que si ces fossiles sont en phosphate de chaux, l'âge ainsi déterminé ne saurait être qu'une limite *inférieure*.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE.

- BARROIS, CHARLES, Mémoire sur le terrain crétacé des Ardennes et des régions voisines [*Ann. Soc. géol. du Nord*, t. V, pp. 227-487 (1877-1878)].
- BRIART, A. et CORNET, F.-L., Description minéralogique, géologique et paléontologique de la Meule de Bracquegnies (*Mém. couronnés et mém. des savants étrangers publiés par l'Acad. royale de Belgique*, t. XXXIV, 1868).
- CORNET, F.-L. et BRIART, A., Description minéralogique, paléontologique

et géologique du terrain crétacé de la province de Hainaut (*Mém. couronnés par la Société des Sciences, des Arts et des Lettres du Hainaut*, Mons, 1866).

BOSWELL, P. G. H., in EVANS, J. W. et STUBBLEFIELD, C. J., *Handbook of the Geology of Great Britain*, Londres, 1929.

BREISTROFFER, M., Les subdivisions du Vraconien dans le Sud-Est de la France [*Comptes rendus sommaires de la Soc. géol. de France*, fasc. 7, p. 116 (1936) et *Bull. Soc. géol. de France*, 5^e sér., t. VI, pp. 63-68 (1936)].

DESTOMBES, J.-P. et P., Sur le Gault de Wissant [*Ann. Soc. géol. du Nord*, t. LXIII, pp. 98-113 (1938)].

DUTERTRE, A.-P., Sur l'Albien inférieur du Boulonnais [*Comptes rendus sommaires de la Soc. géol. de France*, fasc. 16, pp. 315-317 (1938) et *C. R. Acad. des Sciences*, t. 207, pp. 1058-1061 (1938)].

GOSSELET, J., Les assises crétacées et tertiaires... Région de Valenciennes (*Études sur les gîtes minéraux de la France*, Paris, 1913).

HORION, CH., Notice sur le terrain crétacé de la Belgique. [*Bull. Soc. géol. de France*, 2^e sér., t. XVI, pp. 635-666 (1859)].

HORION, CH. et GOSSELET, J., Observations au sujet des travaux géologiques de MM. Cornet et Briart sur la Meule de Bracquegnies [*Bull. de l'Acad. royal de Belgique*, Cl. des Sc., 2^e sér., t. XXIX, n^o 6, pp. 689-700 (1870)].

JACOB, CHARLES, Études paléontologiques et stratigraphiques sur la partie moyenne des terrains crétacés dans les Alpes françaises et les régions voisines. (*Thèses de la Faculté des Sciences de Paris*, Grenoble, 1907).

LERICHE, M., Sur la présence de l'Albien au puits n^o 5^{bis} de la Compagnie des Mines de Béthune [*Ann. Soc. géol. du Nord*, t. XXXVI, p. 125 (1907)].

MARLIÈRE, R., Sur l'Albien et le Cénomanién dans le Nord de la France et le bassin de Mons : « Meule », « Grès vert », « Vraconnien » [*Ann. Soc. géol. de Belgique*, t. LX, *Bulletin*, pp. 132-140 (1936)].

— La transgression albienne et cénomaniénne dans le Hainaut. Études paléontologiques et stratigraphiques [*Mém. Musée royal d'Hist. naturelle*, n^o 89 (1939)].

PICTET, F.-J. et RENEVIER, E., *Tableau des terrains sédimentaires*, Lausanne, 1874.

SPATH, L. F., *A monograph of the Ammonoidea of the Gault*, Londres, 1923-1930.

— Excursion to Folkestone, with notes on the zones of the Gault [*Proceed. Geol. Assoc.*, t. XXXIV, pp. 70-76 (1923)].

— On the zones of the Cenomanian and the uppermost Albian [*Ibid.*, t. XXXVII, pp. 420-432 (1926)].

X., Légende générale de la Carte géologique détaillée de la Belgique [*Ann. des Mines de Belgique*, t. XXX, pp. 43-80 (1929), dont extrait in R. MARLIÈRE, 1939, p. 183].

Observations nouvelles
sur certains points de la tectonique du Tournaisis,

par J. BAUDET (*).

(Planche IV.)

Les observations qui suivent portent sur deux points éloignés l'un de l'autre d'environ 2.000 m. et situés sur le territoire de la commune de Gaurain-Ramecroix.

Camerman, dans ses études sur le gisement dinantien du Tournaisis, situe entre ceux-ci une faille dont l'axe serait orienté environ Sud 60° Est.

Dans plusieurs autres ouvrages, il signale succinctement des plis en selles et le relèvement accentué vers le Nord des couches du calcaire d'Allain visibles dans les carrières de la Brasserie Coopérative, du Clercq, du Crampon, situées le long de la route de Tournai à Bruxelles, sur les territoires d'Allain et de Gaurain-Ramecroix, à l'Est de Tournai.

L'auteur de ces études fait remarquer que ces plissements semblent témoigner du voisinage d'un accident tectonique d'importance, celui-ci étant la faille dite de Gaurain-Ramecroix qui présenterait un rejet de plus de 100 m., mettant en contact le calcaire d'Allain avec le calcaire de Calonne (facies de Gaurain-Ramecroix).

Au cours de recherches paléontologiques, nous avons eu l'occasion d'étudier en détail l'intéressante petite carrière du Crampon (fig. 1). On y remarque les vestiges de deux immenses plis serrés isoclinaux déversés vers le Nord, soit dans une direction presque perpendiculaire à l'axe de la faille supposée (pl. IV, fig. 2).

Du Sud vers le Nord, on constate que les couches inclinées à 25° passent sur le versant méridional du premier plissement à une inclinaison de 60°, plongent ensuite à 60°, remontent à 55° et replongent finalement au Nord à 83°.

Plus à l'Est, dans la carrière de la Providence, les couches paléozoïques inclinent également vers le Nord à environ 70°, mais nous sommes ici à un étage stratigraphiquement supérieur, c'est-à-dire à une distance plus grande du crochon principal.

A la carrière du Crampon, les plissements affectent le calcaire d'Allain; mais on voit apparaître à la base de celui-ci

(*) Communication présentée à la séance du 7 octobre 1941.

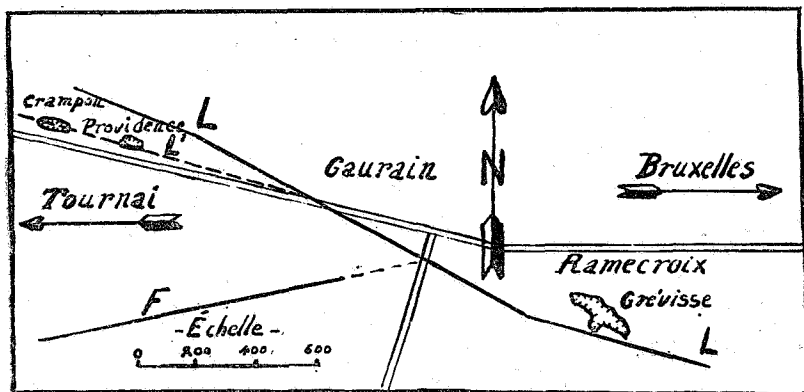


FIG. 1. — Carte avec position des carrières.

F : Faille dite « de la Dondaine ».

LL : Limite entre les deux gisements : 1° Nord, calcaire homogène de Calonne; 2° Sud, calcaire crinoïdique d'Allain et Pont à Rieu.

L'L : Crête de l'anticlinal.

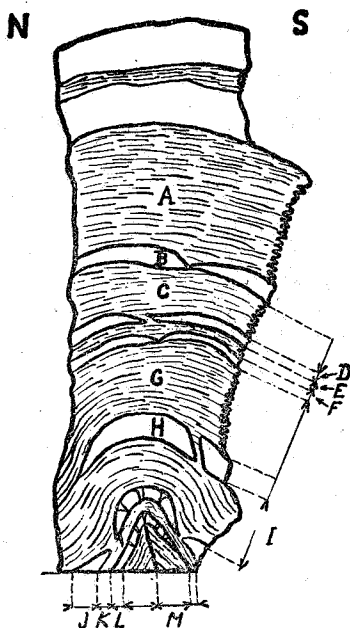


FIG. 2. — Coupe prise au Nord de la Carrière du Crampon.
Calschistes et lentilles de calcaire.

la partie supérieure des schistes et lentilles calcaires déterminés autrefois par de Dorlodot.

Les derniers bancs de calcaire sont intercalés dans les lits schistoïdes de plus en plus épais.

Nous avons pu nous repérer avec précision et situer que nous nous trouvions à la surface des calcschistes à 17 m. plus bas qu'un niveau fossilifère caractéristique à *Pseudamusium* situé à la partie centrale de l'assise d'Allain dans le niveau dit « Les Sept Bancs ».

L'intérêt de la découverte nous a conduit à creuser une excavation dans les schistes sur la paroi Nord de la carrière, afin de faire plus ample moisson de matériel paléozoologique.

C'est alors que fut mis à jour le crochon du grand plissement septentrional à environ 3 m. de profondeur dans les schistes; parfaitement bien indiqué par les lentilles courbées où l'on remarque des fractures rayonnées, recimentées de fluorine.

Au fond de la tranchée on pouvait voir les couches plonger à 83° vers le Nord.

Sous le calcaire d'Allain, nous avons traversé les schistes sur environ 4 m. Voici une description succincte des niveaux traversés de haut en bas sous le dernier banc de calcaire (fig. 2) :

A) Schistes	1 m.
B) Lentille calcaire	10 cm.
C) Schistes	55 cm.
D) Lentille	12 cm.
E) Schistes	10 cm.
F) Lentille	10 cm.
G) Schistes	60 cm.
H) Lentille	10 cm.
I) Schistes	47 cm.
J) Lentille	17 cm.
K) Schistes	5 cm.
L) Lentille	4 cm.
M) Schistes	45 cm.

Total... 3,85 m.

Par rapport au calcaire, les schistes accusent, comme il fallait s'y attendre, une notable augmentation d'argile et une diminution d'oxyde calcique; teneur maximum 27 %.

Certaines lentilles inférieures sont légèrement micacées, ce qui pourrait laisser pressentir le Famennien.

Plus on s'éloigne des calcschistes vers le sommet des plisse-

ments, plus le calcaire est fragmenté et prend l'aspect d'une belle brèche cimentée par la calcite.

Il nous a semblé intéressant d'attirer l'attention sur ce point, le seul du Tournaisis où l'on puisse encore observer les calc-schistes de base, qui en un certain endroit de la carrière se trouvent à 4^m50 de la surface du sol.

Peut-être aurions-nous, en creusant à peu de profondeur, la solution du contact avec les étages sous-jacents.

D'autre part, en tenant compte du pendage vers le Nord, nous croyons à la possibilité de retrouver à peu de distance le calcaire compact homogène des assises supérieures sans que l'intermédiaire d'une faille importante soit nécessaire.

Nous ne sommes pas du même avis que M. Camerman au sujet de l'existence de celle-ci.

La présence de brèche rencontrée au cours de sondages et l'importante dénivellation observée entre les gisements Nord et Sud en ont fait supposer l'existence. Mais les échantillons recueillis étaient calcaires (contrairement aux roches dolomitiques que l'on rencontre d'ordinaire dans les zones de friction des fractures importantes du gisement tournaisien) et ressemblaient aux spécimens visibles au sommet des deux plissements de la carrière du Crampon.

Nous supposons que l'axe emprunté pour le passage de la faille et qui se trouve dans le prolongement de la petite carrière décrite précédemment pourrait fort bien être celui du sommet de l'anticlinal, l'arête de celui-ci étant constituée par les deux grands plis résultant sans doute d'un affaissement postérieur.

La disposition des couches telle qu'elle se présente de part et d'autre de ceux-ci semble confirmer cette hypothèse.

Nous avons, vers le Nord, un pendage prononcé qui va en s'atténuant de plus en plus. Sur le versant méridional, une inclinaison inverse se fait sentir à travers un grand nombre de carrières. De plus, l'extrême sommet visible à la carrière du Crampon nous montre, à une cote relativement élevée, les schistes de base qui ne se retrouvent en d'autres points du Tournaisis qu'à plus grande profondeur.

La présence d'une dénivellation prononcée entre des assises situées à plusieurs centaines de mètres l'une de l'autre ne nous semble pas être un argument suffisant pour affirmer l'existence d'une grande faille.

*
**

Pour ce qui concerne la deuxième partie de l'exposé (carrière

Grévisse à Gaurain-Ramecroix) nous rappelons l'excursion du 23 mai 1936, dirigée par MM. Camerman et Mortelmans, au cours de laquelle furent examinées des cassures cannelées à tracé légèrement onduleux, visibles sur deux parois parallèles de cette excavation; la plupart des géologues participants les ont considérées comme des décrochements horizontaux.

Dans la note du 10 octobre 1938 de MM. Camerman et Baudet, sur un amas important de pyrite, il fut signalé que l'une des parois en question avait été entamée sur 5 à 6 m. d'épaisseur.

Aujourd'hui, de ce même côté de la carrière (c'est-à-dire au Sud-Ouest), endroit le plus proche de la zone de transition des calcaires homogènes du Nord au gisement crinoïdique du Sud, on a entièrement traversé l'accident tectonique cause des cannelures subparallèles (pl. IV, fig. 1).

Il s'agit d'une faille à rejet vertical de 12 m.; et les cannelures que l'on peut observer de part et d'autre paraissent être dues à une compression intense accompagnée d'un déversement des bancs, celui-ci étant sans doute le résultat d'un phénomène de friction.

Les parties voisines des lèvres de la faille sont complètement dolomitisées et les fissures centrales, à l'extrême base, sont recimentées de pyrite et dolomite. Vers le sommet elles sont évidées en partie; au milieu elles sont remplies par l'hydroxyde de fer, dû à l'altération météorique.

La partie dolomitisée a environ 40 m. de haut sur 15 m. de large et se prolonge sur toute la longueur de la carrière, ce qui représente déjà une masse importante, sans compter qu'elle peut se continuer au Nord-Ouest et Sud-Est dans l'axe de la faille.

Au voisinage immédiat de l'accident tectonique, le calcaire est partout finement broyé et comprimé ne présentant aucun point d'aspect bréchoïde.

Le rejet a pu être calculé d'après le relèvement au Sud-Ouest des niveaux à cherts voisins du gros débit, lequel délimite le calcaire de Calonne de l'assise sous-jacente. La carrière a en effet atteint la veine de Vaulx depuis quelque temps déjà.

EXPLICATIONS DE LA PLANCHE IV.

FIG. 1. — Faille de la carrière Grévisse avec massif dolomitisé. Fissures pyriteuses et limoniteuses.

FIG. 2. — Carrière du Crampon. Vestiges des grands plis du sommet de l'anticlinal.

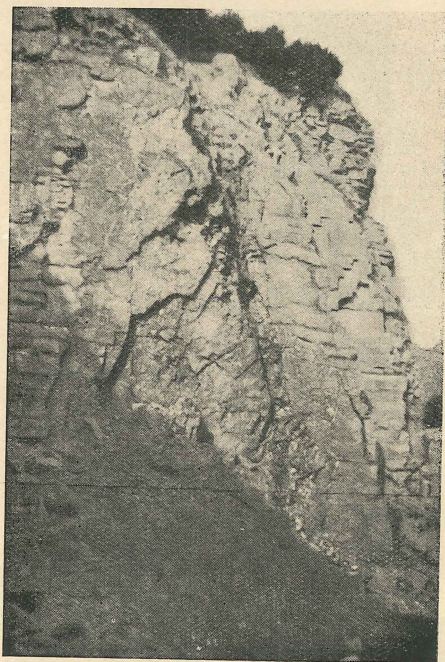


FIG. 1.



FIG. 2.

L'âge des argiles de la Campine,

par R. TAVERNIER (*).

La présence d'une couche argileuse dans le sous-sol de la Campine est connue de longue date. Déjà en 1802, le citoyen Dekin la signale entre Westmalle et Loenhaut « comme espèce de terre, propre à la poterie ». Quant à son âge et son mode de formation, cette couche argileuse, dite « argile de la Campine », a donné lieu aux interprétations les plus diverses. Aussi croyons-nous qu'il n'est pas sans intérêt de reprendre ici l'histoire du sujet, avant de discuter la question de l'âge de ce dépôt. La liste bibliographique, donnée à la fin de cette note, contient tout ce qui, à notre connaissance, a paru au sujet des argiles de la Campine et les travaux les plus importants qui traitent des argiles de Tegelen.

1. HISTORIQUE.

En 1878, E. Van den Broeck, dans son tableau synoptique et chronologique des couches pliocènes et quaternaires du bassin d'Anvers, considère comme Campinien inférieur des argiles stratifiées et des sables connus aux environs de Merksem. Cette couche argileuse de Merksem est décrite plus en détail, en 1879, par E. van den Broeck et P. Cogels.

Dans une note de P. Cogels et O. van Ertborn, de 1882, on trouve la description de quelques coupes d'argilières des environs de Beersel. Ces auteurs émettent l'hypothèse d'une relation probable entre les argiles de la Campine et celles signalées par W. C. H. Staring dans le Brabant septentrional. Dans leur tableau synoptique des formations quaternaires de la Belgique, publié en 1886, ils considèrent les argiles de la Campine et le limon gris stratifié, à *Helix* et à *Succinea*, comme datant du dernier Interglaciaire et d'âge plus récent que la série du Forest-Bed et de Norwich en Angleterre.

A partir de 1896, M. Mourlon (1) considère les argiles de la Campine comme du Quaternaire inférieur, appartenant à son système moséen. Cette interprétation se retrouve d'ailleurs chez A. Rutot (1).

La légende de la Carte géologique de Belgique interprète d'abord ces argiles comme Campinien inférieur, notamment

(*) Note présentée à la séance mensuelle du 4 novembre 1941.

en 1892, comme « Q20=gravier, sable quartzeux et argile de la Campine », tandis qu'en 1896 on trouve « Q20a=argile grise pailletée, grise et noire, dite de la Campine ». C'est à partir de 1900 que la légende officielle admet l'interprétation de M. Mourlon et considère les argiles de la Campine comme Moséen, notamment « Q1a=argile pailletée, grise et noire, et passant aux sables, avec lits tourbeux intercalés; bois de Cervidés et restes de Bison ».

O. van Erthorn, qui en 1901 (2) était encore revenu sur l'opinion émise par lui et P. Cogels dans leur tableau synoptique des formations quaternaires de la Belgique, estime, en 1902 (3), que les argiles du Brabant septentrional, décrites par Staring, sont d'âge plus récent que les argiles de la Campine. Dans une série de notes (4), il tâche de démontrer l'âge pliocène supérieur de ces dernières. Mais quand, en 1904, E. Dubois (1), à la suite d'une étude paléontologique du Cromer-Forest-bed et des argiles de Tegelen, conclut que ces deux formations sont de même âge pliocène supérieur, O. van Erthorn (6) admet à nouveau le synchronisme des argiles de la Campine avec celles du Brabant septentrional. Cette interprétation est toutefois discutée par H. Forir (1, 2), qui croit d'ailleurs que les argiles de la Campine ne sont point d'âge pliocène, mais au contraire d'âge quaternaire.

En 1905, O. van Erthorn (5) divise le Pliocène supérieur en deux étages, l'Amstélien et l'Icéno-Cromérien. Ce dernier étage comprendrait en Belgique les argiles de la Campine qui seraient caractérisées par la faune du Forest-bed de Cromer. Cette interprétation est également admise par la légende de la Carte géologique de Belgique de 1905.

A plusieurs reprises, G. Velge (1, 2, 3, 4, 5) revient sur la question de l'âge des argiles de la Campine. Il croit toutefois que leur âge pliocène est suffisamment démontré par la faune, notamment par la présence de *Cervus Falconeri*, trouvé à Merksplas. Lui aussi les considère comme l'équivalent du Forest-bed. Cette synchronisation est cependant combattue par E. Dubois (2, 3, 4), qui croit qu'il n'existe pas d'équivalent en Angleterre des argiles de Tegelen et de la Campine. Cette opinion est également défendue par Cl. Reid et F. W. Harmer (1, 2, 3), qui croient pouvoir conclure, de l'étude de la faune et de la flore de ces dépôts, que le Forest-bed est une formation plus récente que les argiles de Tegelen et de la Campine.

J. Lorié (3,4), qui dans deux notes avait déjà considéré les

dépôts du Forest-Bed et les argiles de Tegelen et de la Campine comme des formations du premier Interglaciaire, reprend cette question dans un important mémoire (6), publié en 1907 dans le *Bulletin* de notre Société. Il y donne la description de quarante-six argilières belges et trente-trois néerlandaises et croit pouvoir conclure à l'âge quaternaire et interglaciaire de ces dépôts ainsi qu'à leur synchronisme avec le Forest-bed de Cromer. Cette synchronisation est toutefois combattue par E. T. Newton (1, 2, 3), qui considère les argiles de la Campine comme Pliocène supérieur. A. Rutot (4) admet même leur âge poederlien. Les recherches paléobotaniques de Cl. et El. Reid (1, 2, 3) ne semblent apporter aucun argument décisif en faveur de l'une ou de l'autre thèse. Ajoutons cependant que J. Van Baren croit pouvoir conclure, de l'analyse paléobotanique des argiles de Tegelen, à leur âge quaternaire et que cette interprétation est à nouveau confirmée par J. Lorié (7).

M. A. Briquet (1, 2, 3) synchronise les argiles de la Campine avec les sables ligniteux du Limbourg, qu'il considère comme pliocène supérieur limburgien et comme étant de même âge que le Norwich Crag d'Angleterre. En 1913, M. M. Leriche, se basant sur la présence d'oolithes silicifiées et de fossiles jurassiques dans les sables de Mol et les argiles de Tegelen et de la Campine, considère ces dépôts comme des alluvions du Rhin et de la Meuse du Pliocène supérieur. Telle est aussi l'opinion de M. F. Halet (1, 2), qui publie de nombreux détails sur leur gisement et leur extension. Toutefois, M. V. Van Straelen décrit, en 1920, une dent d'*Elephas antiquus*, trouvée à Rijkvorsel dans les argiles de la Campine, d'où résulterait donc l'âge quaternaire de ces dépôts. Par ailleurs, MM. P. Teilhard de Chardin et J. Piveteau estiment que les cerfs trouvés dans les argiles de la Campine démontrent l'âge pliocène de cette formation. La faune mammalogique des argiles de Tegelen fut encore récemment décrite par M. J. J. A. Bernsen (1, 2, 3) et M. A. Schreuder (1, 2, 3), tandis que la faune malacologique fut étudiée par M. F. Haas.

Dans plusieurs notes (1, 3) et spécialement dans son mémoire sur la succession des couches du Pléistocène inférieur des Pays-Bas, publié en 1934, M. P. Tesch (4), directeur du Service géologique des Pays-Bas, démontre l'âge quaternaire des argiles de Tegelen, qu'il croit pouvoir synchroniser avec le Chillesford-bed d'Angleterre. Récemment, M. C. H. Edelman nous a fait connaître la composition minéralogique des parties sableuses

des argiles de Tegelen. Nous aurons encore à revenir plus amplement sur ces deux derniers travaux.

En 1935, M. F. Halet (3), dans une importante étude sur les formations dites amstéliennes de la Campine anversoise, assimile les argiles de la Campine au Pliocène supérieur Icénien, et notamment à l'Icénien moyen. On retrouve cette interprétation dans le travail de M. C. Camerman en 1939. Dernièrement, C. H. Edelman et R. Tavernier décrivent plusieurs coupes d'argilières des environs de Rijkevorsel, où ils ont observé des dislocations périglaciaires affectant les couches d'argile. Ils n'apportent cependant aucun fait nouveau quant à l'âge de ce dépôt.

2. LA BASE DU QUATERNAIRE.

Il résulte de cette longue analyse bibliographique que l'âge des argiles de la Campine a été maintes fois contredit, même encore récemment, par d'éminents géologues. Le désaccord se manifeste surtout sur la question de savoir si cette formation doit être considérée comme Pliocène ou comme Quaternaire. Cette divergence d'opinions quant à l'âge des argiles de la Campine peut généralement s'expliquer, me semble-t-il, par le fait que ces auteurs ne considèrent pas toujours la même zone comme limite entre le Pliocène et le Quaternaire. Avant donc de vouloir résoudre le problème de l'âge des argiles de la Campine, il s'agit de s'entendre au sujet de la limite inférieure du Quaternaire.

Il nous semble logique de considérer comme une unité géologique la période pendant laquelle se sont produits ces changements remarquables des climats, que nous appelons les périodes glaciaires. Cette unité géologique serait le Quaternaire inférieur ou Pléistocène. Cette opinion fut déjà émise, il y a longtemps, entre autres par J. Geikie, en 1894, et par J. Lorié (2), en 1907. Depuis lors, elle a été développée par plusieurs auteurs, et récemment encore par M. P. Tesch (4), dans son mémoire déjà cité sur la succession des couches du Pléistocène inférieur des Pays-Bas.

Il est toutefois à remarquer que cette classification théorique est souvent difficile à appliquer. En effet, beaucoup de pays n'ont subi que des influences lointaines des glaciations et n'ont jamais été couverts par des glaciers. Ceci est notamment le cas pour la Belgique. En outre, il est connu que la subdivision en quatre périodes glaciaires, préconisée par A. Penck et

W. Brückner pour les régions alpines, et qui semble de plus en plus se démontrer, n'est cependant pas universelle. On sait, par exemple, que les géologues allemands ne connaissent avec certitude que trois périodes glaciaires dans le Nord de leur pays, tandis qu'en Angleterre l'existence de deux glaciations seulement est certaine. Depuis quelque temps cependant, plusieurs auteurs allemands croient pouvoir conclure à l'existence de quatre périodes de glaciation septentrionale. Les arguments en faveur de cette hypothèse sont développés par K. Richter dans son travail : *Die Eiszeit in Norddeutschland*, paru en 1937. De même, M. P. Boswell et d'autres ont cru pouvoir déceler l'existence de quatre périodes glaciaires en Angleterre. Ceci n'exclut toutefois pas, pour un pays comme la Belgique, les difficultés qui existent de déterminer quels sont les dépôts qui correspondent à une période glaciaire, d'autant plus que très souvent il y a des lacunes dans la succession des sédiments.

Comme point de départ on prendra donc des régions où, d'une part, il n'existe pas de lacunes dans la série sédimentaire et où, d'autre part, on dispose de points de repère bien définis, tels que dépôts de glaciers ou horizons paléontologiques permettant de préciser les maxima des glaciations. Ces conditions sont près d'être réalisées en Angleterre orientale et dans la partie occidentale des Pays-Bas.

La publication la plus récente traitant du Plio-Pléistocène anglais, dont nous avons pu prendre connaissance, est un ouvrage de M. G. M. Davies, paru en 1939. D'après cet auteur, une analyse des caractères climatologiques des faunes montre que le pourcentage des espèces septentrionales augmente continuellement à partir du Coralline Crag, comme le montre d'ailleurs le tableau suivant :

	Espèces	
	éteintes.	septentrionales.
	%	%
Weybourn Crag... ..	11	33
Norwich Crag	11	32
Red Crag :		
Butley	13	23
Newbourn	32	11
Walton	36	5
Coralline Crag	38	1

Du Coralline Crag au Norwich Crag le climat est passé de subtropical à boréo-arctique. On peut donc admettre que la

formation du Norwich Crag correspond à une période glaciaire, comme J. Geikie l'entendait déjà en 1894. D'ailleurs, divers auteurs, comme M. Boswell et M. Zeuner, croient que le Norwich Crag correspond à la glaciation alpine du Günz.

Aux Pays-Bas on appelle Amstélien le Red Crag de Newbourn et de Butley, tandis que le Norwich Crag correspond à l'Icénien marin. M. P. Tesch (4) a, lui aussi, constaté une accentuation des éléments froids depuis l'Amstélien jusqu'à l'Icénien. Il reconnaît dans l'Icénien trois zones; c'est dans la zone moyenne que les caractères boréo-arctiques de la faune seraient les plus caractérisés, notamment par la présence de *Yoldia arctica*, *Leda minuta*, *Leda myalis*, *Astarte borealis*, *Cardium groenlandicum*, *Scalaria groenlandica*, tandis que dans les zones inférieure et supérieure les espèces moins froides dominant. D'après M. Tesch, il n'y a pas de doute que la zone moyenne de l'Icénien marin représente une formation marine correspondant à la première glaciation alpine (Günz); dès lors, la zone inférieure correspondrait au début de cette glaciation, la zone moyenne à son maximum et la zone supérieure à son déclin. Il s'ensuit que la base de l'Icénien doit être considérée comme la base du Pléistocène. Nous savons que la transgression de l'Icénien s'est arrêtée à peu près à la frontière nord de la Belgique. Les dépôts continentaux qui y représentent la transgression marine, c'est-à-dire les sables de Mol, forment donc l'assise inférieure du Pléistocène dans notre pays.

3. FAUNE ET FLORE DES ARGILES.

La faune et la flore des argiles sont bien connues. Les mammifères ont été étudiés par MM. Newton, Dubois, Bernsen, Schreuder, Van Straelen, Teilhard de Chardin et Piveteau. La flore fut surtout étudiée par Cl. et El. Reid, tandis que M. P. Tesch nous fit connaître les mollusques terrestres et fluviatiles. Il est à signaler que la flore et la faune diffèrent essentiellement de celles des argiles de Reuver (1). Celles-ci appartiennent, en effet, au Pliocène diestien et ont comme équivalent en Belgique non pas les argiles de la Campine, mais le Diestien ligniteux (facies casterlien) dont M. F. Halet a précisé récemment la position stratigraphique.

(1) La flore de Reuver fut étudiée en autres, par Slijper et Laurent et Marty; la faune, par Haas. Leurs travaux ont été signalés dans la liste bibliographique.

Parmi les mollusques on trouve surtout *Viviparus glacialis* Wood, *Lithoglyphus naticoides* Férussac et *Nematurella minima* Tesch. Aux Pays-Bas, les argiles de Tegelen sont d'ailleurs appelées « l'horizon à *Viviparus glacialis* ». Dans cet horizon on a encore trouvé, mais plus rarement, des échantillons de *Corbicula fluminalis* Müller et plusieurs autres espèces. De nombreux mammifères — en tout plus de vingt espèces différentes — ont été recueillis dans les argiles; signalements en particulier *Elephas meridionalis* Nesti et plusieurs Cervidés. La flore fossile est également assez riche.

D'après cette flore et cette faune, les argiles de Tegelen et de la Campine sont des formations d'un climat plutôt tempéré et ne peuvent certainement pas être regardées comme des formations correspondant à l'Icénien marin des Pays-Bas. D'autre part, il semble probable que l'horizon à *Viviparus glacialis* correspond au Chillesford-bed (Icénien moyen de l'Angleterre). Ce seraient donc des formations datant du premier Interglaciale (Günz-Mindel). D'ailleurs, dans le Nord-Ouest du Brabant septentrional, des formations argilo-sableuses avec faune et flore de l'horizon à *Viviparus glacialis* surmontent les couches de l'Icénien marin à faune froide, dont nous avons vu qu'ils sont d'âge glaciaire et l'équivalent du Norwich Crag.

4. CONSTITUTION MINÉRALOGIQUE.

L'étude minéralogique des argiles de Tegelen a été faite par M. C. H. Edelman, d'après la méthode préconisée par lui. Il résulte de ces analyses que l'association de minéraux lourds de l'argile de Tegelen n'appartient pas à une seule province, mais est au contraire un mélange d'associations. Les provinces dont l'association est nettement reconnaissable sont, d'une part, les provinces avec matériel de provenance nordique A et X, et d'autre part, les provinces avec matériel de provenance méridionale, spécialement la province *B-Limbourg* et exceptionnellement la province *B-saussurite*. En général, on peut dire qu'à l'Est des Pays-Bas, par exemple, aux environs de Tegelen, l'influence des associations nordiques est dominante et que celles des associations méridionales est minime. A l'Ouest, par exemple aux environs de Zundert et de Hoogerheide, l'influence des associations nordiques est moins prononcée. Nous publions dans le tableau ci-joint les analyses pétrologiques exécutées par M. Edelman sur divers échantillons d'argile de l'horizon à *Viviparus glacialis* des Pays-Bas. Les

	Opagues.	Tourmaline.	Zircon.	Grenat.	Rutile.	Brookite.	Anatase.	Titanite.	Staurolite.	Disthène.	Andalousite.	Sillimanite.	Épidote.	Saussurite.	Amphibole.	Picoteite.
I. TEGELEN et environs.																
Argile de Tegelen	42	1	21	18	7	—	—	2	1	—	—	—	42	2	6	—
Argillère Canoy-Herfkens.																
1. Argile bleue	24	2	20	22	5	—	—	—	1	3	—	—	36	2	9	—
2. Argile bleue	29	—	10	34	7	—	—	1	2	2	—	1	37	4	2	—
3. Argile noire	34	—	14	24	6	1	1	1	1	1	—	—	44	2	5	—
4. Argile noire	32	1	21	20	6	1	1	1	2	—	—	—	33	1	13	—
II. BRABANT SEPTENTRIONAL.																
Argillère Westerhoven (argile).	20	2	16	35	2	—	—	2	2	1	—	—	10	26	—	—
Zundert (argile)	43	5	28	22	5	—	—	2	8	—	—	—	22	5	2	1
Hoogerheide (argile)	45	1	37	33	3	—	—	3	2	1	—	—	16	2	2	—
Pindorp (argile)	43	18	31	14	9	—	—	—	6	—	4	—	17	—	1	—
Ossendracht (argile)	56	6	40	20	22	2	—	—	5	—	—	—	5	—	—	—
Gilze (argile)	63	11	61	6	13	—	1	—	2	3	—	—	3	—	—	—
Woensdrecht (argile).	52	4	50	6	22	—	—	1	5	3	—	—	8	—	1	—
III. CAMPINE BELGE.																
Argillère Saint-Léonard. (Flore & C ^{ie} .)																
1. Argile	45	10	30	4	21	—	—	1	2	2	1	—	25	—	4	—
2. id.	46	15	40	1	19	1	—	2	3	4	2	—	12	—	1	—
3. id.	44	29	21	2	13	—	1	1	3	2	6	—	18	—	3	—
4. id.	66	10	38	3	21	—	—	1	1	1	1	—	15	2	1	—
5. id.	59	6	32	8	18	—	—	1	2	3	1	—	32	2	1	—
Argillère Rijkvorsel. (Briquetteries réunies.)																
1. Argile	44	4	26	10	16	1	—	1	4	2	—	—	23	2	10	—
2. id.	37	1	19	14	16	—	—	—	2	2	1	1	28	10	7	—
3. id.	43	7	29	30	7	—	—	—	2	2	1	—	29	—	2	—
4. id.	53	10	29	24	17	1	—	1	3	4	—	—	18	—	3	—
5. id.	61	5	23	12	14	—	—	—	2	1	—	—	40	2	1	—

analyses des argiles de la Campine, faites par nous-même, se trouvent dans le même tableau. Elles confirment l'interprétation de M. C. H. Edelman. D'autres travaux concernant l'analyse minéralogique des argiles de Tegelen ou de la Campine ne nous sont pas connus, sauf une note de MM. A. Schoep et V. Billiet, où l'on ne trouve que quelques données qualitatives.

Que peut-on conclure de la présence des associations des provinces A et X dans les argiles de la Campine? On sait que les dépôts marins sont toujours caractérisés par la présence de l'association A, dont l'origine nordique n'est plus discutée par personne. L'association de la province X se trouve non mélangée à d'autres associations, uniquement dans quelques dépôts du Nord-Est des Pays-Bas. Se basant sur l'existence, dans les dépôts caractérisés par l'association X, d'un gravier à éléments nordiques, M. C. H. Edelman a admis la provenance également nordique de cette association. Elle aurait été amenée par des glaciers sur le continent et transportée ensuite par des fleuves. Cette interprétation d'Edelman a été récemment confirmée par A. Fiedler (1, 2). Celui-ci a démontré que les associations A et X se retrouvent dans le matériel glaciaire de l'Allemagne du Nord. On pouvait d'ailleurs déjà supposer l'existence de ces deux provinces pétrologiques dans les dépôts glaciaires de cette région à la suite des travaux de J. Hesemann sur les blocs erratiques.

On pourrait expliquer la présence de l'association A dans les argiles de Tegelen et de la Campine par l'apport de matériel tertiaire marin remanié. Ceci est cependant en contradiction avec ce que nous savons des associations minéralogiques des sédiments transportés par les fleuves pendant le Tertiaire supérieur. Ces fleuves transportaient notamment du matériel caractérisé par des associations des provinces homologues B (2). Par ailleurs, même si l'on admet que les matériaux caractéristiques de l'association A sont dus au remaniement de dépôts tertiaires marins préexistants, comment expliquer alors la présence de l'association X dans les argiles de Tegelen et de la Campine? En effet, on n'a jamais trouvé la moindre trace de cette association dans nos dépôts tertiaires.

Il nous semble que la seule explication possible est d'admettre

(2) MM. C.-H. Edelman et D.-J. Doeglas ont appelé « provinces homologues » ces provinces dont l'origine est due aux mêmes phénomènes géologiques.

un apport de matériel venant de l'Est. Les glaciers de la première époque glaciaire ont apporté des sédiments venant du Nord (Fennoscandie) et caractérisés par les associations A et X, comme cela a été démontré par Fiedler. Des fleuves ont ensuite transporté ces matériaux de l'Est à l'Ouest. La présence permanente, et de plus en plus prononcée de l'Est vers l'Ouest, des associations méridionales, spécialement de l'association de la province *B-Limbourg*, s'explique aisément. En effet, ce système fluvial devait également être alimenté du Sud; l'influence de ces apports méridionaux est de plus en plus importante en allant de l'Est vers l'Ouest.

En conclusion, l'analyse minéralogique démontre que les argiles de Tegelen et de la Campine sont caractérisées par les mêmes associations, ce qui est un argument important en faveur de leur identité. On peut ensuite déduire de la constitution minéralogique que la grande partie des matériaux dont ces dépôts sont constitués a été apportée de l'Est et que finalement cet apport n'a pu se faire qu'après une glaciation préalable du Nord de notre continent, pendant laquelle s'est effectué le transport par la glace de matériel nordique vers le Sud. Les argiles de Tegelen et de la Campine sont donc une formation interglaciaire.

Il est intéressant de remarquer la parfaite concordance des conclusions que l'on peut tirer des arguments lithologiques, paléontologiques et stratigraphiques.

5. EXTENSION ET PUISSANCE.

L'horizon à *Viviparus glacialis* est rarement argileux sur toute son épaisseur. Dans la Hollande méridionale et le Brabant septentrional cet horizon est constitué principalement de sables fins dans lesquels sont intercalés des couches argileuses et des niveaux tourbeux. A l'Est des Pays-Bas et en Belgique il n'existe généralement qu'une seule couche argileuse. La carte ci-jointe (fig. 1) donne l'extension de l'horizon des argiles de Tegelen et de la Campine. Les données pour les Pays-Bas ont été reprises d'une carte de M. Tesch. La puissance du dépôt en Belgique varie entre quelques mètres et plus de 30 m. L'épaisseur le long du canal de la Campine ne dépasse généralement pas 10 m. Aux Pays-Bas la puissance de ce dépôt est également très variable; aux environs de Venlo on ne trouve que 8 à 12 m.; à la limite Sud du Brabant septentrional l'épaisseur normale est de 40 m.; tandis que dans le Sud-Ouest de la

province de Hollande méridionale cette couche peut dépasser 100 m. d'épaisseur. En Belgique et dans le Sud du Brabant septentrional, ces dépôts affleurent sous une couche peu importante de sables de couverture. L'horizon à *Viviparus glacialis*

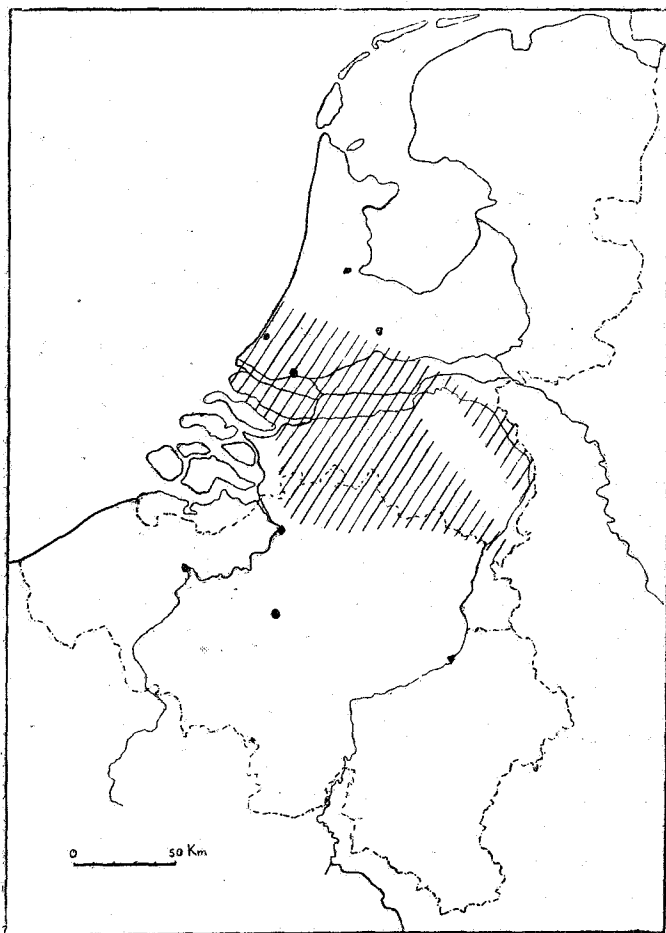


FIG. 1. — Extension de l'horizon à *Viviparus glacialis* (argile de Tegelen et de la Campine), en partie d'après M. Tesch.

affleure également aux environs de Tegelen et de Venlo, où la couche argileuse de cet horizon est activement exploitée, de même que le long du canal de la Campine.

6. PHÉNOMÈNES PÉRIGLACIAIRES.

Il nous semble intéressant d'attirer une fois de plus l'attention sur les importantes dislocations qui affectent les argiles de la Campine et qui ont été interprétées par M. C. H. Edelman et nous-même comme des phénomènes périglaciaires. Ces dislocations avaient d'ailleurs été signalées depuis longtemps; déjà en 1882, P. Cogels et O. van Ertborn décrivent à Beerse « ... dans l'argile une espèce de fissure remplie de sable campinien ». J. Lorié (7), dans son mémoire déjà cité, décrit et figure de nombreuses dislocations. D'après lui, « le tout ressemble, sur une petite échelle, à l'effet produit par un mouvement tectonique, peut-être à la suite d'un petit tremblement de terre, mais je préfère ne pas donner d'hypothèse sur l'origine de ces entonnoirs; la chose me paraît provisoirement inexplicable ». Plus loin cependant, il explique ces dislocations comme des ravinements qui ressemblent parfaitement « à ceux que subissent les *schorren* par le jeu des marées ».

Nous donnons ici ces diverses citations pour montrer combien ces dislocations affectant les argiles sont nombreuses. Le mélange parfois intime du sable de couverture et des argiles sous-jacentes, qui résulte de ces dislocations périglaciaires, nous explique la présence de minéraux de l'association de la province *B-saussurite* dans plusieurs échantillons. Il n'est, d'autre part, pas impossible que certains fossiles soient descendus, à la suite de ces dislocations, de la couche de couverture dans les argiles.

7. CONCLUSIONS.

Nous croyons, à la suite d'arguments stratigraphiques, lithologiques et paléontologiques, pouvoir conclure à l'âge quaternaire des argiles de la Campine et à leur identité avec les argiles de Tegelen. Ces dépôts, appelés « horizon à *Viviparus glacialis* », sont considérés comme l'équivalent du Chillesford-bed d'Angleterre ou de la partie supérieure du Norwich Crag et nous les interprétons, d'accord avec M. P. Tesch, comme des formations fluviales datant du premier Interglaciaire (Günz-Mindel). L'association minéralogique de cet horizon nous montre que le matériel est de provenance nordique pour la plus grande partie. Nous sommes d'avis que les sédiments de cet horizon ont été apportés par un système fluvial s'écoulant de l'Est vers l'Ouest. Le matériel serait donc venu de l'Est, où il aurait été préalablement apporté par les glaciers de la première période de glaciation.

Finally, nous voulons attirer l'attention sur l'accord existant entre notre interprétation et celle de M. F. Halet, qui raccorde ces dépôts au Pliocène supérieur et notamment à l'Icénien moyen. Mais, comme nous rapportons au Quaternaire tous les dépôts qui se sont formés depuis la première période glaciaire, l'Icénien appartient, d'après notre interprétation, non pas au Pliocène mais au Quaternaire, dont il constitue la base.

Gent,
Geologisch Laboratorium van de Universiteit.

BIBLIOGRAPHIE.

- BERNSEN, J. J. A., The geology of the Teglian clay and its fossil remains of Rhinoceros (*Akademisch proefschrift*, Amsterdam, 1927).
- (2), Eine Revision der fossilen Säugetierfauna aus den Tonen von Tegelen, I-VIII (*Natuurhist. Maandbl.*, décembre 1930 à juin 1932).
- (3), Recente vondsten van fossiele zoogdieren in Nederland (*Geologie en Mijnbouw*, mai 1932).
- BOSWELL, P. G. H., Glacial Deposits of E.-Anglia (*Proc. Geol. Assoc. Lond.*, t. XLII, p. 87, 1931).
- BRIQUET, A., Sur les dépôts tertiaires de la région de la Meuse (*Bull. Soc. belge Géol.*, t. XXII, pp. v, 23-24, Bruxelles, 1908).
- (2), L'horizon des sédiments pauvres à oolithe silicifiée des Pays-Bas (*Ann. Soc. géol. Nord*, t. XXVIII, p. 453, Lille, 1909).
- (3), Le Néogène du Nord de la Belgique et des Pays-Bas et ses relations stratigraphiques (*Bull. Soc. belge Géol.*, t. XXXII, pp. 69-91, Bruxelles, 1922).
- CAMERMAN, C., Données sur la constitution chimique des argiles belges (*ibidem*, t. XLIX, pp. 80-115, Bruxelles, 1939).
- COGELS, P., Contribution à l'étude paléontologique et géologique de la Campine (*Ann. Soc. roy. malac. Belg.*, t. XVI, pp. L-LXXIV, Bruxelles, 1881).
- COGELS, P. et VAN ERTBORN, O., De l'âge des couches d'argile quaternaire de la Campine (*ibidem*, t. XVII, pp. CCX-CCXXI, Bruxelles, 1882).
- DAVIES, G. M., Geology of London and South-East England, London, 1939.
- DEKIN, A., Note géologique et minéralogique sur le département des Deux-Nèthes [*Actes et Mém. Soc. émulation établie à Anvers*, 5 messidor, an IX de la République (23 juin 1802)].
- DUBOIS, E., On a equivalent of the Cromer forest bed in the Netherlands (*Koninkl. Acad. Wetensch.*, Versl. Afd. Wis- en Natuurk., Amsterdam, 1904).
- (2), Note sur une espèce de cerf d'âge icénien (*Bull. Soc. belge Géol.*, t. XIX, pp. 121-124, Bruxelles, 1905).
- (3), L'âge de l'argile de Tegelen et les espèces de cervidés qu'elle contient (*Arch. Mus. Teyler*, sér. II, vol. IX, Haarlem, 1905).
- (4), L'âge des différentes assises englobées dans la série du Forest-bed ou le Cromérien (*Bull. Soc. belge Géol.*, t. XIX, pp. 263-278, Bruxelles, 1905).
- EDELMAN, C. H., Petrologische provincies in het Nederlandsche Kwartair (*Akademisch Proefschrift*, Amsterdam, 1933).

- EDELMAN, C. H. et TAVERNIER, R., Periglaciaie Verschijnselen, meer in het bijzonder in de Antwerpsche Kempen (*Natuurw. Tijdschr.*, t. XXII, pp. 139-151, pl. I-IV, Gent, 1940).
- FIEDLER, A., Ergebnisse der Schwermineralanalyse von Geschiebemergeln im mittleren und westlichen Norddeutschland (*Zeitschr. f. angewandte Miner.*, t. I, pp. 313-352, Berlin, 1939).
- (2), Ergebnisse der Schwermineralanalyse von Geschiebemergeln aus Holland, Dänemark, Oberschlesien und Norddeutschland, nebst einem Beitrag zur Frage nach dem absoluten Schwermineralgehalt der nordwestdeutschen Geschiebemergel (*ibidem*, t. II, pp. 199-218, Berlin, 1940).
- FORIR, H., Observations sur la communication de M. G. Velge : Le Forest bed et les lignites du Rhin dans la Campine (*Ann. Soc. géol. Belgique*, t. XXXII, *Bull.*, pp. 57-59, Liège, 1905).
- (2), Réponse à la communication de M. Velge intitulée : Réplique aux objections de M. H. Forir (*ibidem*, t. XXXII, pp. 79-82, Liège, 1905).
- GEIKIE, J., The Great Ice Age and its relation to the Antiquity of Man, London, 1894.
- HAAS, F., Unioniden aus der Tegelenstufe des Brachter Waldes (*Jahrb. preuss. geol. Landesanstalt für 1919*, Band XL, Teil 2, Berlin, 1920).
- HALEY, F., Sur la présence à Merxplas du gravier à Kieseloolithes et des sables blancs « dits de Moll » (*Bull. Soc. belge Géol.*, t. XXX, pp. 128-136, Bruxelles, 1920).
- (2), L'Amstélien (*Bull. Soc. belge Géol.*, t. XXX, pp. 142-153, Bruxelles, 1920).
- (3), Observations nouvelles à l'âge des formations dites Amstéliennes dans la partie septentrionale de la Campine anversoise (*ibidem*, t. XLIII, pp. 394-409, Bruxelles, 1933).
- HARMER, F. W., On the pliocene deposits of Holland and their relation to the english and belgian crags, with a suggestion for the establishment of a new zone « Amstélien » and some remarks on the geographical conditions of the pliocene epoch in northern Europe (*Quart. Journ. Geol. Soc.*, t. LII, London, 1896).
- (2), Les dépôts tertiaires supérieurs du bassin anglo-belge (*Bull. Soc. belge Géol.*, t. X, pp. 68-69 et 315-344, Bruxelles, 1896).
- (3), Les relations entre les dépôts pliocènes de Tegelen et le soi-disant Forest-bed de Cromer (*ibidem*, t. XIX, pp. 320-322, Bruxelles, 1905).
- (4), The Pliocene mollusca of Great Britain (*Palaeontological Society*, London, 1914-1925).
- HESEMANN, J., Quantitative Geschiebeuntersuchungen im Norddeutschen Diluvium (*Jb. Preuss. Geol. Landesanst.*, t. LI, p. 718, Berlin, 1931).
- LAURENT, L. et MARTY, P., Flore foliaire pliocène des argiles de Reuver et des gisements synchroniques voisins (*Mededeel. 's Rijks Geol. Dienst*, Serie B, n° 1, 1923).
- LÉGENDE DE LA CARTE GÉOLOGIQUE DE BELGIQUE, I, *Bull. Soc. belge Géol.*, t. VI, p. 217, Bruxelles, 1892.
- (2), II, *ibidem*, t. X, p. 37, Bruxelles, 1896.
- (3), III, *ibidem*, t. XIV, traductions et reproductions, Bruxelles, 1900.
- (4), *Aardkundige Raad van België*, Brussel, 1932.
- LERICHE, M., Sur l'âge des sables de Moll (*Bull. Soc. belge Géol.*, t. XXVII, pp. 92-95, Bruxelles, 1913).

- LORIE, J., Contributions à la Géologie des Pays-Bas. Sondages en Zélande et en Brabant (*Bull. Soc. belge Géol.*, t. XVII, pp. 203-258, Bruxelles, 1903).
- (2), De voorgestelde eenheid van het ijstijdvak (I, *Tijdschr. Aaandr. Gen.*, t. XX, 1903; II, *ibidem*, t. XXIV, 1907 et III, *ibidem*, t. XXIV, 1907).
- (3), Quelques mots au sujet de l'âge des couches de Tegelen, Turnhout et de Cromer (*Bull. Soc. belge Géol.*, t. XIX, pp. 309-311, Bruxelles, 1905).
- (4), Note supplémentaire à quelques mots au sujet des couches de Tegelen, Turnhout et de Cromer (*ibidem*, t. XIX, Bruxelles, 1905).
- (5), Seconde note supplémentaire sur le Pléistocène anglo-belge (*ibidem*, t. XIX, pp. 5-9, Bruxelles, 1906).
- (6), La stratigraphie des argiles de la Campine belge et du Limbourg néerlandais (*ibidem*, t. XXI, pp. 531-576, Bruxelles, 1907).
- (7), A propos de l'étude critique de M. J. Van Baren sur la flore et l'âge géologique des argiles du Limbourg néerlandais (*ibidem*, t. XXII, pp. 132-137, Bruxelles, 1908).
- MOURLON, M., Les mers quaternaires en Belgique, d'après l'étude stratigraphique des dépôts flandriens et campiniens et de leurs relations avec les couches tertiaires pliocènes (*Bull. Acad. roy. Belg.*, 3^e sér., t. XXXII, pp. 671-711, Bruxelles, 1896).
- (2), La faune marine du Quaternaire moséen, révélée par les sondages de Strybeek (Meerle) et de Wortel, près de Hoogstraeten en Campine (*ibidem*, 3^e sér., t. XXXIII, Bruxelles, 1897).
- (3), Les dépôts tertiaires de la Campine limbourgeoise à l'Ouest de la Meuse (*Bull. Soc. belge Géol.*, t. XII, pp. 45-58, Bruxelles, 1898).
- (4), Sur l'âge relatif des sables noirs à lignites du sous-sol de la Campine limbourgeoise (*Ann. Soc. roy. malac. Belg.*, t. XXVII, pp. LXXIX-LXXXIII, Bruxelles, 1898).
- (5), Compte rendu de l'excursion géologique en Campine les 23, 24 et 25 septembre 1900 (*Bull. Soc. belge Géol.*, t. XIV, pp. 103-112, Bruxelles, 1900).
- (6), Essai d'une monographie des dépôts marins et continentaux du Quaternaire moséen, le plus ancien de la Belgique (*Ann. Soc. géol. Belgique*, t. XXV, Liège, 1900).
- (7), Sur une nouvelle interprétation des sables de Moll en Campine (*Bull. Soc. belge Géol.*, t. XXI, pp. 577-587, Bruxelles, 1907).
- NEWTON, E., Note relative à des fragments fossiles de petits vertébrés trouvés dans les dépôts pliocènes de Tegelen-sur-Meuse (*ibidem*, t. XXI, pp. 591-596, Bruxelles, 1907).
- (2), Deuxième note relative à des fragments fossiles de petits vertébrés trouvés dans les dépôts pliocènes de Tegelen-sur-Meuse (*ibidem*, t. XXII, pp. 243-252, Bruxelles, 1908).
- (3), Note supplémentaire relative aux débris fossiles de petits vertébrés trouvés dans les dépôts pliocènes de Tegelen (*ibidem*, t. XXIV, p. 231, Bruxelles, 1910).
- REID, CL., Note au sujet du travail de M. Dubois sur le gisement de Cromer (*ibidem*, t. XIX, pp. 317-319, Bruxelles, 1905).
- REID, CL. et EL., Les éléments botaniques de la détermination de l'âge des argiles à briques de Tegelen, Renver, Ryckevorsel et Raevens (*ibidem*, t. XXI, pp. 583-590, Bruxelles, 1907).

- REID, CL. et EL., (2), The fossil flora of Tegelen-sur-Meuse, near Venloo, in the province of Limbourg (*Verh. Koninkl. Acad. Wetensch. Amst.*, 2^e sect., t. XIII, Amsterdam, 1907).
- (3), The pliocene floras of the Dutch-Prussian border (*Meded. Rijksopsp. delfstoffen*, Nr 6, 1915).
- REID, EL., A comparative review of pliocene floras (*Quart. Journ. Geol. Soc.*, t. LXXIV, part 2, London, 1920).
- RICHTER, K., Die Eiszeit in Norddeutschland (*Deutscher Boden*, Band 4, Berlin, 1937).
- RUTOT, A., Les origines du Quaternaire en Belgique (*Bull. Soc. belge Géol.*, t. XI, pp. *Mém.* 1-241, Bruxelles, 1897).
- (2), Nouvelles observations sur le Quaternaire de la Belgique. Echelle stratigraphique et projet de légende du Quaternaire (*ibidem*, t. XV, pp. 554-557, Bruxelles, 1901).
- (3), Essai de comparaison des couches pliocènes et quaternaires de la Belgique avec celles du Sud-Est de l'Angleterre (*ibidem*, t. XVI, pp. 621-622, Bruxelles, 1902).
- (4), Sur l'âge des dépôts connus sous les noms de sable de Moll, d'argile de la Campine, de cailloux de quartz blancs, d'argile d'Andenne et de sable à facies marin Om dans la légende de la carte géologique au 1/40.000^e (*Mém. Acad. roy. Belg.*, t. II, 47 pages, Bruxelles, 1908).
- SCHOEP, A. et BILLIET, V., Mineralogische samenstelling van tertiaire kleien (*Natuurw. Tijdschr.*, t. XX, p. 65, Gent, 1938).
- SCHREUDER, A., Bijdrage tot de kennis van Conodontes in Trogontherium (*Akademisch Proefschrift*, Amsterdam, 1928).
- (2), Microtinae in the Netherlands, extinct and recent (*Verh. Koninkl. Acad. Wetensch.*, 2^e sect., deel XXX, Amsterdam, 1933).
- (3), Mimosys en Desmana uit de oude boring te Gorkum (*Geol. en Mijnb.*, t. III, pp. 112-118, Den Haag, 1941).
- SLIJPER, E. J., Ueber Pliozäne Hölzer aus dem Ton von Reuver (*Rec. Trav. bot. néerl.*, t. XXIX, 1932).
- STARING, W.-C.-H., De Bodem van Nederland, Haarlem, 1860.
- TEILHARD DE CARDIN et PIVETEAU, J., Nouvelle étude sur le *Cervus Ertborni* Dub. des argiles de la Campine (*Bull. Mus. roy. Hist. nat.*, t. VIII, n^o 5, 18 pages, Bruxelles, 1932).
- TESCH, P., Over plioceen en pleistoceen in den Nederlandschen Bodem, (I en II, *Tijdschr. Aard. Gen.*, t. XXVII, 1910 en t. XXVIII, 1911).
- (2), Beiträge zur Kenntnis der marinen Mollusken in Westeuropäischen Pliocänbecken (*Meded. Rijksopsp. Delfst.*, nr 4, 1912).
- (3), De stratigraphische grens Pliocéen-Plistocéen in Europa (*Geol. Mijnb. Gen.*, t. III, pp. 203-211, 1918).
- (4), De opeenvolging van de oud-plistocène lagen in Nederland (*Tijdschr. Kon. Nederl. Aardr. Gen.*, t. LI, pp. 649-675, Leiden, 1934).
- (5), *Nematurella minima* nov. spec. uit den horizon van *Viviparus glacialis* in Nederland (*Geol. Mijnb.*, t. I, pp. 59-61, 1939).
- VAN BAREN, J., Over den ouderdom der fossiele flora van Tegelen (*Tijdschr. Nederl. Aardr. Gen.*, t. XXV, pp. 153-177, 1908).
- VAN DEN BROECK, E., Esquisse géologique et paléontologique des dépôts pliocènes de la Belgique (*Ann. Soc. roy. malac. Belg.*, t. XIII, pp. 83-374, Bruxelles, 1878).

- VAN DEN BROECK, E. et COGELS, P., Diluvium ou Campinien. Réponse à M. le docteur Winkler (*ibidem*, t. XIV, 1879).
- VAN ERBORN, O., Le terrain miocène, pliocène et quaternaire à Anvers (*Bull. Soc. géogr. Anvers*, 1881).
- (2), Contribution à l'étude du Quaternaire inférieur (*Ann. Soc. géol. Belgique*, t. XXVIII, Liège, 1901).
- (3), Contribution à l'étude du Quaternaire de la Belgique (*Bull. Soc. belge Géol.*, t. XVI, pp. Mém. 49-67, Bruxelles, 1902).
- (4), Les dépôts quaternaires et leurs faunes (*Ann. Soc. roy. malac. Belg.*, t. XXXVIII, Bruxelles, 1903).
- (5), Les sondages houillers en Campine (*Bull. Soc. belge Géol.*, t. XIX, pp. 153-153, Bruxelles, 1905).
- (6), Echelle stratigraphique des systèmes pliocène et quaternaire (*Ann. Congr. Fédér. Arch. Hist. Belg.*, t. I, pp. 174-177; t. II, pp. 227-229, Gand, 1907).
- (7), Nouvelle découverte de bois de cervidés en Campine anversoise et découverte d'un squelette d'*Elephas primigenius* à Lierre (*Bull. Soc. belge Géol.*, t. XXI, p. 124, Bruxelles, 1907).
- VAN STRAELEN, V., Sur la présence de restes de mammifères dans les argiles de la Campinne (*ibidem*, t. XXX, pp. 80-82, Bruxelles, 1920).
- VELGE, G., Le Forest-bed et les lignites du Rhin en Campine (*Ann. Soc. géol. Belgique*, t. XXXII, p. 76, Liège, 1904-1905).
- (2), Réplique aux objections de M. Forir (*ibidem*, t. XXXII, Liège, 1904-1905).
- (3), Les lignites du Rhin dans les sondages houillers de la Campine (*ibidem*, t. XXXII, p. 86, Liège, 1904-1905).
- (4), Les affleurements du terrain tertiaire du Limbourg (*ibidem*, t. XXXII, p. 147, Liège, 1904-1905).
- (5), Note sur les formations tertiaire et quaternaire recouvrant le bassin houiller du Limbourg belge et du Limbourg hollandais (*ibidem*, t. XXXIV, pp. 3-4, Liège, 1906-1907).
- ZEUNER, F. E., A comparison of the pleistocene of East Anglia with that of Germany [*Proceed. prehist. Soc. for 1937* (Jan.-June)].
-