

SÉANCE SUPPLÉMENTAIRE DU 1^{er} JUIN 1948.

Présidence de M. M. E. DENAEYER, vice-président.

Le Président, devant l'Assemblée debout, annonce le décès de M. A. L. Du Toit, membre honoraire de la Société, et donne la parole à M. G. Mortelmans, qui prononce un éloge funèbre dont le texte intégral sera reproduit à la fin du présent tome de notre *Bulletin* et où il évoque la grande figure du disparu.

Après avoir rappelé les origines française et huguenote de A. L. Du Toit, qu'il a eu le privilège de connaître et de fréquenter au cours de la dernière guerre, dans son accueillante demeure de Capetown, il montre les étapes successives d'une vie consacrée tout entière au service de son pays et à celui de la Science. Passant en revue l'œuvre aussi variée qu'attachante de l'éminent géologue, il s'arrête plus particulièrement sur deux de ses maîtres livres : « *Geology of South Africa* » et « *Our wandering Continents* ». L'un et l'autre témoignent d'une originalité profonde et constituent un apport fondamental à la Géologie.

Il brosse enfin un portrait émouvant de cet homme profondément simple et d'un dévouement absolu, unanimement aimé et respecté. Auprès de lui, dit-il, bien des géologues congolais ont trouvé, pendant la dernière guerre, un réconfort inoubliable, auquel ils associent, dans leur souvenir, celle qui fut l'épouse dévouée du savant, l'honorable M^{rs} Du Toit, à qui la Société vient d'adresser des condoléances respectueuses.

Communications des membres :

L. DE LEENHEER. — *Les propriétés sorptives des sols et leur interprétation minéralogique avec application aux sols argileux des polders marins.* (Texte ci-après.)

L. CAHEN. — *Sur la stratigraphie de la Série du Lualaba le long du Lomami, d'après les travaux de M. Jules Dubois (1926).* (Texte ci-après.)

R. MARLIÈRE. — *Paléontologie du Karroo au Congo belge.* (Texte ci-après.)

Les propriétés sorptives des sols et leur interprétation minéralogique, avec application aux sols argileux des Polders marins (*),

par L. DE LEENHEER, Dr. Sc.,
Prof. ord. à l'Institut agronomique, Gand.

La caractérisation des profils pédologiques, telle qu'elle s'effectue dans les laboratoires de pédologie de l'Institut agronomique de l'État à Gand, comporte, entre autres, la détermination des propriétés sorptives des sols, dont la connaissance est fondamentale pour l'interprétation de nombre de propriétés propres aux sols en place.

Ces propriétés sorptives sont déterminées de telle façon qu'elles permettent :

1. De fixer la totalité de la capacité de rétention du sol vis-à-vis des éléments électro-positifs et plus particulièrement des éléments biogènes, ce qui présente un intérêt particulier dans l'évaluation de la valeur agricole d'une terre;

2. De caractériser la matière organique du sol par la capacité de sorption qui lui est propre et qui varie très fortement suivant l'origine et le degré de dégradation de cette matière;

3. De fixer la sélectivité de la fraction argileuse du sol, c'est-à-dire la préférence avec laquelle elle se sature en ions potassium et (ou) ammonium, et cela en présence de calcium à une concentration équivalente;

4. D'évaluer avec une précision suffisante la nature minéralogique de la fraction minérale active du sol.

I. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

La fixation et l'échange des cations dans un sol est un phénomène dont la compréhension est récente, mais dont l'exploitation par l'agriculteur constitue depuis des siècles une des bases de l'agriculture même.

(*) Manuscrit remis au Secrétariat le 19 juin 1948. Travail subsidié par l'Institut pour favoriser la Recherche Scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture (I.R.S.I.A.).

Il est admis que le phénomène, connu sous le terme actuellement erroné d'« échange de bases », est une propriété spécifique de l'argile et de l'humus, qui ensemble constituent la matière colloïdale du sol.

Les difficultés, longtemps éprouvées, pour expliquer les relations qui existent entre l'échange de cations et la composition de la fraction colloïdale du sol trouvent leur origine, soit dans la nature du colloïde, soit dans la nature des cations, soit dans la fixation sélective de certains cations par certains colloïdes argileux.

1. NATURE DU COLLOÏDE.

Au 3^e Congrès International de la Science du Sol, G. Wiegner (1) a fixé l'attention sur la distinction qu'il importe de faire entre un noyau colloïdal compact ou monon, et un noyau colloïdal poreux ou polyon.

Dans le cas d'un monon, la surface active, susceptible de fixer des cations échangeables, se limite à sa surface externe; dans le cas d'un polyon ou noyau poreux, les dispersités internes font partie intégrante de la surface active, pour autant que ces porosités internes soient accessibles à l'eau et aux ions qui s'y trouvent.

Comme règle générale on peut énoncer que la capacité de rétention des colloïdes du sol augmente avec la surface active. Cette capacité est exprimée en milliéquivalents (mvals) par 100 gr de matière sèche et s'appelle la valeur T. La fixation et l'échange de cations ne se limitant pas à la surface externe d'un colloïde, on a remplacé les termes « capacité d'adsorption » par l'expression à la fois plus générale et plus exacte de « capacité de sorption ».

Dans le cas d'un monon, l'échange de cations est toujours extramicellaire; dans le cas d'un polyon poreux, le phénomène est simultanément extra- et intramicellaire.

On comprend que pour un monon la capacité d'échange augmente au fur et à mesure que le diamètre des particules diminue; dans le cas du polyon poreux « idéal », l'augmentation de la capacité d'échange avec le degré de division des micelles est tout à fait secondaire. Un polyon est « idéal » lorsque toutes ses surfaces internes sont accessibles aux ions échangeables.

(1) G. WIEGNER, *Trans. 3rd. Int. Congr. Soil Sci.*, 3, 5, 1935.

Ces principes, appliqués aux recherches pédologiques et à l'étude de l'échange des cations dans un sol, nous autorisent à faire les distinctions suivantes :

A. — Les minéraux argileux phylliteux.

a) *Le groupe des kaolins.* — Ces minéraux présentent un noyau compact dont la dispersité interne n'est pas accessible aux ions H, K, Na, Ca, Mg, parce que l'espace libre entre les lamelles élémentaires de leurs réseaux cristallins n'est que de 2,8 Å, alors que les dimensions des ions hydratés précités dépassent nettement cette valeur.

Les propriétés sorptives des minéraux argileux de ce groupe se résument comme suit :

Faible capacité de sorption;

Faible intensité de rétention;

Grande vitesse d'échange.

Bien que la sorption des ions à la surface des minéraux du groupe du kaolin soit faible, celle-ci ne s'effectue pas uniformément sur toute la surface de ces minéraux, par suite de l'existence d'une métastructure, c'est-à-dire la présence d'ondulations submicroscopiques, ce qui explique que les ions sont plus fortement fixés à certains endroits qu'à d'autres.

b) *Le groupe de la montmorillonite.* — Les minéraux de ce groupe sont susceptibles d'absorber de l'eau, ce qui provoque leur gonflement. Par suite de cette absorption, l'espace interlamellaire peut passer de 9 à 17 Å, ce qui rend les dispersités internes accessibles à tous les ions. L'absorption de la montmorillonite est essentiellement intralamellaire.

c) *Le groupe des micas.* — L'espace interlamellaire de ces minéraux est de l'ordre de 3,4 Å, c'est-à-dire tel que seuls les ions d'un diamètre inférieur à cette grandeur peuvent s'y déplacer, ce qui est le cas de l'ion potassium.

Le déplacement intralamellaire des ions de potasse de la muscovite, prise comme exemple, ne peut théoriquement se réaliser qu'à l'intervention d'autres ions, dont le diamètre est plus petit ou égal à celui de la potasse.

Parmi ceux-ci, le seul ion qui intéresse le pédologue est l'ion d'ammonium.

Ajoutons à cela que l'échange extralamellaire dans les micas se réalise non seulement à la surface externe du minéral, mais également le long des plans de clivage, c'est-à-dire sur les surfaces pour lesquelles la distance qui les sépare deux à deux est devenue supérieure à 3,4 Å, par suite des phénomènes d'altération dont ces minéraux peuvent être normalement l'objet. Ces surfaces, quoique étant initialement considérées comme des surfaces à dispersités internes, se comportent après altération comme des surfaces externes.

Dans le cas de la biotite, le phénomène est plus complexe, parce que l'ion ammonium peut déplacer aussi bien l'ion potassium que l'ion magnésium. L'existence de cette double possibilité ne signifie cependant pas que les deux ions occupent une situation identique dans le système cristallin des biotites : Une distinction doit être faite entre l'ion potassium, dont l'échange est réversible, et l'ion magnésium, qui, étant déplacé des couches octaédriques où il occupait la place des ions aluminium, ne peut de ce fait réintégrer par échange sa situation première. Ces considérations valent pour les micas non altérés et finement divisés.

Dans la fraction argileuse des sols, les minéraux micassés s'y trouvent généralement comme des résidus d'altération et, comme tels, sont entourés d'un manteau résiduaire de silice et d'alumine qui les protège. Ce dernier n'est pas toujours un manteau amorphe et les propriétés sorptives de l'ensemble sont en partie celles du noyau micacé proprement dit et en partie celles du manteau de protection.

Il résulte des travaux de P. Schachtschabel ⁽²⁾ sur l'argile de Sarospatak, que le manteau de protection peut être de la montmorillonite, c'est-à-dire du silicate d'alumine cristallin et néogène. Ce fait, la roentgenographie n'a pu le tirer au clair, parce que l'argile de Sarospatak présente aux rayons X un spectre de diffraction identique à celui du mica pur. En soumettant cette argile à la sorption d'ions de diamètres différents, Schachtschabel a démontré que le manteau se comportait comme la montmorillonite.

(2) P. SCHACHTSCHABEL, *Bodenk. und Pflanzenernährung*, 23, 1, 1941.

B. — L'humus.

L'humus est un complexe formé de constituants acidoïdes (à caractère anionique), provenant de la lignine, et de constituants basoïdes (à caractère cationique), provenant de substances protéiniques.

Ces radicaux, en présence des éléments minéraux qui existent normalement dans le sol, tendent à former des sels d'acides et de bases faibles. Par hydrolyse, ces éléments sont remis en liberté et de ce fait participent aux phénomènes d'échange, au même titre que les ions retenus dans les dispersités internes des micelles d'humus. Les micelles d'humus constituent des polyons dont les dispersités internes, par suite du fort gonflement qu'elles peuvent subir, sont accessibles à tous les cations. Dans le sol les phénomènes de sorption se compliquent encore par la formation de complexes argilo-humiques.

Les substances colloïdales du sol, qui se composent d'un grand nombre de molécules non polaires, portent à certains endroits un ou plusieurs groupements polaires, qui doivent cette propriété, soit à leur charge électrique, soit à une structure asymétrique de la molécule fixée, soit à une déformation ou polarisation de la matière.

C'est par l'intermédiaire de leurs groupements polaires latéraux que s'établissent les liaisons entre les colloïdes organiques et les minéraux du sol.

Les minéraux argileux peuvent fixer des micelles humiques jusqu'à une valeur limite. Celle-ci étant atteinte, la particule minérale est entourée d'un manteau monomoléculaire de particules humiques.

Les liaisons établies entre les micelles argileuses et humiques étant sensibles à une variation de température et peu sensibles à une variation de pH, il en résulte, semble-t-il, que ces liaisons proviennent d'attractions secondaires, et non de liaisons hétéropolaires (électrovalences).

Quand le complexe organo-minéral est formé au départ de minéraux argileux purs, on observe que la nature des ions sorbés par le minéral argileux phylliteux n'a pas d'influence sur la fixation du colloïde organique et que la capacité de sorption du complexe argilo-humique formé est la somme des capacités de sorption de ses deux constituants.

Par suite de la présence de sesquioxides dans les sols, la capacité de sorption du complexe argilo-humique est inférieure

à celle de la somme des constituants argileux phylliteux et organiques qui s'y trouvent.

Ces phénomènes, ainsi que d'autres, nous obligent à revoir la conception longtemps classique de Schloesing (1875), d'après laquelle l'humus est un colloïde protecteur.

On a constaté en effet que la stabilité d'une suspension argileuse en présence d'une solution d'humate est renforcée par toute nouvelle addition de celle-ci. Ceci nous éloigne de la notion même de « colloïde protecteur », qui exige que la stabilité de la solution colloïdale ne soit plus augmentée par une nouvelle addition de colloïdes protecteurs dès que les particules minérales sont entièrement recouvertes de particules humiques.

De plus, la rétention des colloïdes humiques ne se limite pas uniquement à la surface externe des minéraux colloïdaux. Les montmorillonites, en effet, ont la faculté de retenir entre leurs feuillets élémentaires de grosses molécules organiques positives, capables de tripler les dimensions de l'espace interlamellaire. La dilatation qui en résulte va de pair avec une diminution de leur mouillabilité, qui peut être jusqu'à dix fois inférieure à celle de la montmorillonite non traitée.

La diminution de la mouillabilité est cependant fonction de la nature et du volume de l'ion organique fixé à l'intérieur de la particule argileuse.

La fixation interlamellaire par la montmorillonite de substances organiques a été également mise en évidence par des études aux rayons X : on a notamment observé un « effet voilant » sur les roentgenogrammes des fractions argileuses des sols non traités au préalable par l'eau oxygénée.

2. LA NATURE DES IONS ÉCHANGEABLES.

Suivant la théorie de Wiegner, les ions sont fixés avec d'autant plus d'énergie que leur hydratation est plus faible. Leur mobilisation se réalise donc d'autant plus facilement que les ions à déplacer sont plus hydratés, l'intensité de fixation étant inversement proportionnelle à l'hydratation.

Cette théorie n'explique cependant pas que l'ion hydrogène, qui est généralement fixé avec la plus grande intensité, est également l'ion le plus hydraté. Elle ne nous explique pas non plus pourquoi les ions bivalents, qui sont plus fortement hydratés que les ions monovalents, présentent une plus forte intensité de fixation.

Nous croyons que les différences ainsi observées, loin d'être des anomalies ou des exceptions, constituent en réalité un ensemble de données soulignant la précarité des théories proposées.

Plusieurs de ces faits d'observations, par suite de leur constance, intéressent plus particulièrement le pédologue, parce qu'ils lui permettent d'interpréter assez rationnellement nombre de phénomènes ayant trait à l'économie des ions biogènes qu'on trouve dans le sol.

Les principaux faits sont :

a) L'énergie de fixation des ions monovalents varie fortement pour le kaolin et la montmorillonite, ce qui n'est pas le cas pour les ions bivalents. En ce qui concerne les minéraux micacés, l'énergie de fixation des ions bivalents varie également dans de larges proportions.

b) L'énergie de fixation des ions hydrogènes par le kaolin et la montmorillonite est relativement faible. Elle est d'un ordre de grandeur intermédiaire entre l'énergie de fixation constatée pour l'ion sodique, d'une part, et l'ion potassique, d'autre part.

Pour les micas, l'énergie de fixation de l'hydrogène dépasse de loin celle des cations monovalents et bivalents.

c) Pour les substances organiques, l'énergie de fixation n'est pas la même que celle développée par les minéraux argileux vis-à-vis des ions circulant dans le sol.

d) Dans le cas de colloïdes saturés de deux ions différents, l'ion le plus faiblement représenté est fixé avec une plus grande intensité que l'autre.

e) L'étude des équilibres des ions déplacés n'est pas seulement influencée par le volume de la solution employée ou la concentration des ions présents, mais également par l'activité propre de chaque ion.

Cette activité trouve son expression dans un coefficient inférieur à l'unité, ce qui signifie que seule une fraction des ions en solution prend part à l'équilibre de l'échange. Ce coefficient d'activité varie fortement suivant la nature de l'ion.

f) L'hydratation des ions sorbés varie avec l'intensité de leur fixation. En outre les ions hydratés peuvent subir des déformations dans leur manteau d'hydratation au moment de leur pénétration dans les dispersités internes, ou même connaître des phénomènes de dissociation de nature chimique.

3. LA SORPTION SÉLECTIVE DE CERTAINS IONS PAR LES MINÉRAUX ARGILEUX.

Jusqu'à ces dernières années, on admettait couramment que les ions échangeables étaient répartis uniformément sur les surfaces actives des différents colloïdes du sol. Cette règle, valable pour les *permutites*, qui ne présentent pas de sorption sélective, n'est cependant pas applicable à plusieurs minéraux argileux, qui eux jouissent de propriétés sorptives sélectives.

La sorption sélective de différents minéraux argileux peut se résumer en trois points :

a) Les ions hydrogènes sont fixés avec une très grande énergie par les minéraux micacés, et cela à un point tel que le pH d'une argile micacée, saturée d'ions H, se situe aux environs de 4,3, alors qu'une argile de montmorillonite saturée d'ions H présente une acidité voisine de 3,4;

b) Les ions ammonium et potassium sont fixés de préférence par les minéraux argileux micacés;

c) Le kaolin et la montmorillonite ne présentent pratiquement pas de propriétés sorptives sélectives.

II. — LA TECHNIQUE EMPLOYÉE.

L'état actuel de nos connaissances au sujet du comportement des colloïdes du sol vis-à-vis des éléments chimiques qui y sont présents à l'état ionique nous a conduit dans une étude précédente ⁽³⁾ à développer nos recherches en fonction d'une technique analytique qui présente les caractéristiques suivantes :

a) Une technique de percolation.

Celle-ci a été réalisée en partant des travaux de Prilwitz et de Hudig, lesquels ont été complétés par nos recherches personnelles. Il en est résulté la mise au point d'un appareil dont l'emploi en série se fait avec autant de facilité et aussi rapidement que lorsqu'on procède à l'étude des sols en soumettant ceux-ci à une agitation répétée (fig. 1).

⁽³⁾ WAEGEMANS et DE LEENHEER, *Bulletin agricole du Congo belge*, 37, 127, 149, 1946. — DE LEENHEER et WAEGEMANS, *Le Sol*, Librairie Falk, Bruxelles, 1945.

b) Le mode opératoire de Schachtschabel.

Nous admettons provisoirement que l'ion Ba est capable de déplacer la totalité des cations sorbés, aussi bien par les minéraux argileux que par l'humus. De plus, pour arriver à déterminer en une seule opération les cations sorbés, aussi bien que l'hydrogène sorbé et l'hydrogène hydrolytique, le Ba a été employé sous forme d'acétate de Ba, l'introduction du radical acétate dans les solutions d'échange permettant de convertir l'hydrogène hydrolytique en acide faiblement dissocié.

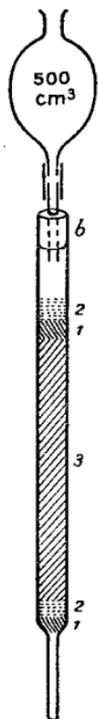


FIG. 1.

**Tube de percolation surmonté
d'un ballon de 500 cm³.**

Le bouchon en caoutchouc doit le fermer parfaitement, ce qui assure une percolation automatique.

- 1 = laine de verre;
- 2 = sable blanc purifié;
- 3 = mélange sol + sable.

Diamètre du tube : 18/20 mm;
longueur : 320 mm.

L'emploi du baryum comme ion déplaçant offre de plus l'avantage, quand il est déplacé à son tour, de pouvoir être dosé quantitativement avec une extrême précision sous forme de BaSO₄. Ce fait est de grande importance lorsqu'il s'agit de suivre de faibles variations dans le pouvoir de sorption des sols.

c) La détermination séparée de la capacité de sorption de la fraction minérale et de la fraction organique des sols.

La séparation quantitative et l'étude séparée des constituants minéraux et organiques du sol étant impossibles, il est nécessaire d'opérer par différences successives, en déterminant :

1. La sorption totale de l'échantillon de sol, ce qui donne la valeur T_t ;
2. La sorption totale de la fraction minérale du sol T_m , après destruction de la matière organique qu'il contient, par H₂O₂ à 15 %;
3. Le calcul de la capacité de sorption de la matière organique T_0 , par différence entre les valeurs $T_t - T_m$.

d) La détermination de la sélectivité, d'après une technique qui sera signalée tout de suite.

A. — Modes opératoires.

Pour éviter toute confusion, soulignons que le symbole T signifie la capacité de sorption, exprimée en milliéquivalents, pour 100 gr de matière sèche. Les différents symboles dont nous faisons usage en cette étude sont : T_t , T_{tc} , T_m , T_{mc} , T_0 .

T_t = la valeur T pour 100 gr de sol brut séché à l'air;

T_{tc} = T_t corrigée, c'est-à-dire la valeur T_t pour 100 gr de sol brut séché à 105°;

T_m = la valeur T pour 100 gr de sol minéral séché à 105°;

T_{mc} = la valeur T_m corrigée, c'est-à-dire la valeur T_m pour 100 gr de sol minéral dépourvu de calcaire;

T_0 = la valeur T pour 100 gr de matière organique séchée à 105°.

1. La détermination de la capacité totale de sorption du sol brut : T_t .

Le tube de percolation, obturé par un bouchon de laine de verre et recouvert de 10 gr de sable purifié, est rempli du mélange de sol à étudier avec une certaine quantité de sable, et ce dans le rapport suivant :

Teneur en substance active (*) %	Quantité de sol à prélever gr.	A mélanger avec sable gr.
100	5	40
90	5	40
80	5	40
70	8	35
60	8	35
50	8	35
40	10	35
30	15	30
20	20	25
10	40	5
5	50	0

(*) On appelle ici substance active la fraction minérale d'un diamètre inférieur à 20 micron, plus 2 fois la teneur en humus. T_t n'est plus déterminé lorsque la teneur en substance active devient inférieure à 5 %.

Le tube chargé est finalement bouché par un petit bouchon de laine de verre, dont l'emploi présente également l'avantage de ramener sur la masse sable-sol les particules d'argile qui adhèrent aux parois. Après cette opération, le tube est pesé, puis monté dans son statif. On percole avec 500 cm³ d'acétate de baryum 0,1 n (solution portée à un pH=7).

Ensuite on pèse le tube avec son contenu humide, après avoir pris soin de débarrasser son extrémité des dernières gouttes de la solution de percolation qui auraient pu être retenues.

Le tube étant remis dans son statif, le baryum qu'il contient est déplacé avec 500 cm³ NH₄Cl, 0,1 n (pH=7).

Dans le liquide percolé on détermine le Ba déplacé, sous forme de BaSO₄. Cette opération se fait également sur un échantillon de sable pur (essai à blanc). La quantité de Ba effectivement sorbée se détermine alors comme suit :

a) La différence de poids entre le tube humide et le tube sec donne le poids de la solution d'acétate de Ba, retenue dans le tube.

b) Comme on connaît le titre de la solution percolante, il est possible de calculer, pour le poids de solution ainsi déterminé, le poids de BaSO₄.

c) Cette quantité calculée est déduite du poids global de BaSO₄ précédemment obtenu par analyse; la différence correspond au Ba effectivement sorbé par le mélange sol-sable. Cette quantité est exprimée en BaSO₄.

d) Étant donné qu'on a déterminé, lors de l'essai à blanc, la capacité de sorption du sable pur et que la quantité de sable mélangé au sol est connue, on peut corriger le résultat trouvé en soustrayant la minime quantité de BaSO₄ fixée au sable.

e) Le résultat, exprimé en milligrammes BaSO₄, fixé par 100 gr de sol, est converti en milliéquivalents, ce qui donne la valeur T_t.

2. Le calcul de la capacité totale de sorption du sol brut (séché à 105°) : T_{tc}.

Le calcul de ce terme s'effectue d'après la formule suivante :

$$T_{tc} = \frac{100 T_t}{100 - v}$$

v étant l'humidité de l'échantillon séché à l'air et déterminé par déshydratation après un passage de 24 h dans une étuve réglée à une température de 105°.

3. *La détermination de la capacité de sorption de la fraction minérale du sol (séché à 105°) : T_m .*

Cette détermination s'effectue suivant le mode opératoire décrit pour l'obtention de la valeur T_s .

Les variantes à observer sont les suivantes :

Le sol minéral employé pour la détermination a été obtenu par traitement à l'eau oxygénée à 15 %, traitement répété au moins 3 fois, chaque fois suivi d'évaporation à sec;

Les mélanges avec le sable purifié se font suivant le tableau ci-après :

Teneur en substance active ($<20\mu$)	Quantité de sol à prélever	A mélanger avec sable
%	gr.	gr.
100	5	40
90	5	40
80	5	40
70	8	35
60	8	35
50	8	35
40	10	35
30	15	30
20	20	25
10	40	5

N. B. — T_m n'est plus à déterminer lorsque la fraction $0-20\mu < 10\%$.

Le tube rempli est pesé à sec, puis monté dans son statif.

Les percolations à effectuer sont les suivantes :

a) Avec 250 cm³ NH₄Ac, n, pH=7; le liquide percolé est jeté (4);

b) Avec 500 cm³ BaCl₂, 0,1 n (pH=7); après percolation le tube est pesé humide; le liquide percolé est jeté;

c) Avec 500 cm³ NH₄Cl, 0,1 n (pH=7); dans le liquide percolé on précipite le baryum sous forme de BaSO₄; tout comme pour

(4) Le but de l'opération est d'éliminer les acides organiques résistants à l'eau oxygénée et pouvant donner un précipité avec l'ion Ba.

le calcul de T_t , le résultat est corrigé deux fois : d'abord diminué de la quantité de baryum présente dans le tube sous une forme non sorbée, ensuite diminué de la quantité minime, fixée au sable pur.

Le tube n'est pas nettoyé, mais servira tout de suite pour d'autres percolations, comme il sera indiqué sous le numéro 5. Les deux corrections précitées permettent le calcul de la valeur T_m .

4. *Calcul de la valeur T_{mc} , c'est-à-dire la valeur T_m pour 100 gr de sol minéral, séché à 105° et dépourvu de calcaire.*

Cette valeur T_{mc} se calcule au moyen de la formule suivante :

$$T_{mc} = T_m \cdot \frac{B}{A},$$

B étant = $100 - (v + h)$; A étant = $100 - (v + h + c)$.

h est la teneur en humus du sol brut séché à l'air; h est déterminé par titration iodométrique, après destruction de la matière organique par le bichromate de potasse en présence d'acide sulfurique concentré;

c est la teneur en carbonate de calcium déterminé par volumétrie sur un échantillon de sol brut séché à l'air;

v est l'humidité de l'échantillon séché à l'air, déterminé comme signalé plus haut.

Les déterminations de v , h et c , étant effectuées sur le sol séché à l'air et le calcul portant sur la détermination de T_m pour la matière séchée à 105°, il convient de tenir compte des différences enregistrées. D'où $T_{mc} = T_m \cdot \frac{100}{100 - K}$.

K représente la teneur en CaCO_3 de l'échantillon supposé séché à 105°. Cette valeur K est = $\frac{100 \cdot c}{100 - (v + h)}$,

c étant la teneur en CaCO_3 déterminée sur le sol séché à l'air; v étant l'humidité et h la teneur en humus, chaque fois déterminées sur le sol séché à l'air.

La formule s'établit alors de la façon suivante :

$$T_{mc} = T_m \cdot \frac{100}{100 - \frac{100c}{100 - (v+h)}};$$

$$T_{mc} = T_m \cdot \frac{100 - (v+h)}{100 - (v+h+c)};$$

$$T_{mc} = T_m \cdot \frac{B}{A},$$

B étant = $100 - (v+h)$; A étant = $100 - (v+h+c)$.

5. Détermination de la sélectivité.

Le tube de percolation, après l'opération qui permet la détermination de T_m , sera percolé avec 500 cm³ d'un mélange équivalent (MgCl₂ + BaCl₂) 0,1 n (pH=7). Après percolation le tube est pesé humide. Le liquide percolé est jeté.

Ensuite on effectue la percolation avec 500 cm³ NH₄Cl, 0,1 n (pH=7).

Dans le liquide percolé on précipite le baryum sous forme de BaSO₄; le résultat est corrigé par la teneur en Ba dans le mélange (MgCl₂ + BaCl₂) et ensuite diminué de la quantité minimale fixée au sable (la moitié de la correction précédente, la sélectivité étant supposée 50 %). On calcule la sorption de Ba en % du T_m trouvé antérieurement.

6. Le calcul de la capacité de sorption de la matière organique T_0 .

Cette capacité se calcule en partant des déterminations T_t et T_m , au moyen de la formule suivante :

$$T_0 = \frac{100 T_t - T_m \cdot B}{h},$$

B étant = $100 - (v+h)$.

Pour le calcul de cette formule nous admettons que la valeur T_{tc} représente le total de la sorption produite par la fraction minérale présente et la sorption produite par la matière organique présente, c'est-à-dire que

$$T_{tc} = \frac{T_m}{100} \cdot F_m + \frac{T_0 \cdot h}{100 - v},$$

F_m étant la fraction minérale séchée à 105°.

Cette fraction minérale, cependant, est égale à

$$100 - \frac{h \cdot 100}{100 - v},$$

T_{ic} étant $= \frac{100 T_t}{100 - v}$; nous pouvons alors écrire la formule complète :

$$\frac{100 T_t}{100 - v} = \frac{T_m}{100} \cdot 100 - \frac{h \cdot 100}{100 - v} + \frac{T_o \cdot h}{100 - v}.$$

D'où nous calculons

$$T_o = \frac{100 T_t - T_m \cdot B}{h}.$$

B. — Interprétation minéralogique des résultats trouvés.

a) *Interprétation de la valeur T_{mc} .* — La capacité moyenne de sorption des différents groupes de minéraux qui constituent la fraction argileuse est admise actuellement comme étant :

- pour le groupe du kaolin : 6 mvals par 100 gr de minéral;
- pour le groupe de la montmorillonite : 100 mvals par 100 gr de minéral;
- pour les minéraux argileux micacés : 40 mvals par 100 gr de minéral.

Quand la valeur T_{mc} est très faible, la fraction minérale du sol étudié ne contient que des minéraux kaoliniques; si les minéraux micacés constituent l'élément dominant dans la fraction argileuse, dépourvue d'humus, la capacité de sorption sera moyenne; elle sera, par contre, très élevée si la fraction argileuse est constituée de minéraux du groupe de la montmorillonite. En première approximation on peut alors dire que la valeur T_{mc} nous renseigne sur la teneur probable en minéraux du groupe de la montmorillonite, à condition toutefois que la sélectivité soit faible ou négligeable.

b) *La sorption sélective et son interprétation minéralogique.*

— Parmi les contributions les plus importantes à l'étude des argiles par voie physico-chimique, il convient de citer les travaux de Schachtschabel. C'est surtout à lui que revient le mérite d'avoir approfondi la sorption sélective des micas. Nous avons déjà signalé que ces derniers présentent une très grande affinité pour les ions hydrogènes, ce qui n'est pas le cas pour le kaolin et la montmorillonite.

Cette différence apparaît clairement quand on détermine la valeur T des micas par une solution d'échange portée à différents pH.

Avec l'acétate de calcium à pH=5, la valeur T obtenue pour le kaolin et la montmorillonite n'est que de 9 % inférieure à celle trouvée avec la même solution à pH=7.

Par contre, si l'on détermine la totalité du calcium fixé par la muscovite et la biotite, on constate que pour une solution

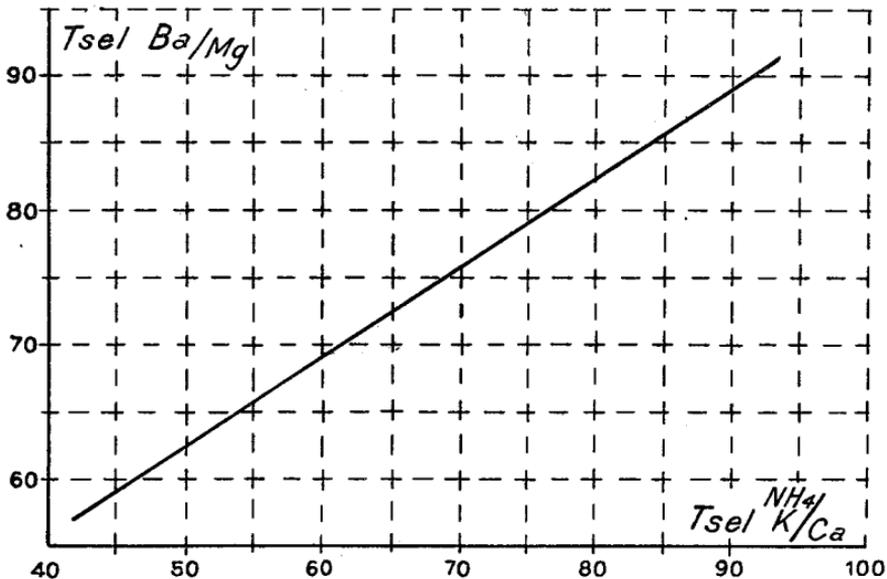


FIG. 2. — Conversion de la sélectivité Ba/Mg en sélectivité NH_4^+/Ca ou K/Ca .

d'échange à pH=5, la valeur T est de 91 % plus petite que la valeur trouvée pour la même solution portée à un pH=7.

Cette méthode pourrait servir à la détermination quantitative de la teneur en mica dans une fraction argileuse. Son application dans des travaux de série s'avère pourtant impossible.

Une technique plus rationnelle consiste en la détermination de la sorption sélective : un sol percolé par une solution renfermant 2 sels à concentration égale peut, soit fixer les 2 cations dans la même proportion que celle qu'on trouve dans la solution, soit fixer un des 2 cations dans une proportion différente.

Dans le premier cas il n'y a pas de sélectivité; dans le second elle existe et elle peut être déterminée quantitativement.

La première technique appliquée par Schachtschabel consistait à percoler le sol avec une solution mixte d'acétate de calcium et d'ammonium ayant un $\text{pH}=7$.

Dans ce cas on observe que le rapport entre la sorption de calcium et la sorption d'ammonium est de 58 pour 42 dans le cas de la montmorillonite et du kaolin; pour la muscovite et la biotite, ce même rapport était en moyenne 6 pour 94. Ce mélange présente à son tour des difficultés analytiques lorsqu'il s'agit de travailler sur de grandes séries. Aussi emploie-t-on actuellement un mélange de chlorure de baryum et de chlorure de magnésium. Le pourcentage de baryum qui est fixé atteint 57 dans le cas de montmorillonite et de kaolin et 91 dans le cas du mica.

C'est cette technique que nous employons actuellement dans notre laboratoire pour la détermination en série de la sorption sélective des sols des polders.

Étant donnée l'importance en agriculture de la sélectivité du potassium et de l'ammonium vis-à-vis du calcium, il importe d'interpréter les résultats analytiques trouvés vis-à-vis d'une sélectivité K sur Ca. Cela se fait directement à l'aide de la figure 2.

Sans entrer dans les détails, nous tenons à souligner ici que cette propriété sélective présente un intérêt agronomique particulier :

- 1° Dans l'étude de la fumure potassique;
- 2° Dans l'étude de la fumure ammoniacale;
- 3° Dans l'étude de la vitesse d'acidification des sols et du besoin en chaux.

Cette même sélectivité nous permet également de déduire approximativement la composition minéralogique de la substance minérale active présente dans le sol. La figure 3 nous indique comment on trouve directement, en partant du rapport Ba sur $\text{Ba} + \text{Mg}$, la sorption qui est due à la présence de micas. Connaissant ce pourcentage et également la capacité totale de sorption, il est possible de passer à l'interprétation minéralogique ⁽⁵⁾.

⁽⁵⁾ Au moment de la correction des épreuves, de nouvelles données ont été acquises, qui rendent l'interprétation moins certaine. Il nous est cependant impossible d'en tenir compte immédiatement.

EXEMPLE DE CALCUL. — Soit un sol d'une capacité de sorption $T=20$ et d'une sélectivité en % baryum = 65.

Comme on peut en déduire de la figure 3, une sélectivité de 65 % signifie que le % dans la sorption qui est dû au mica représente 24 % du total; le restant de la sorption, soit 76 %, est la part qui revient à la montmorillonite.

Pour une valeur totale $T=20$, la part de sorption de la montmorillonite est alors 76 % de $20=15$ milliéquivalents, la différence, soit 5 mvals, étant fixée par les micas.

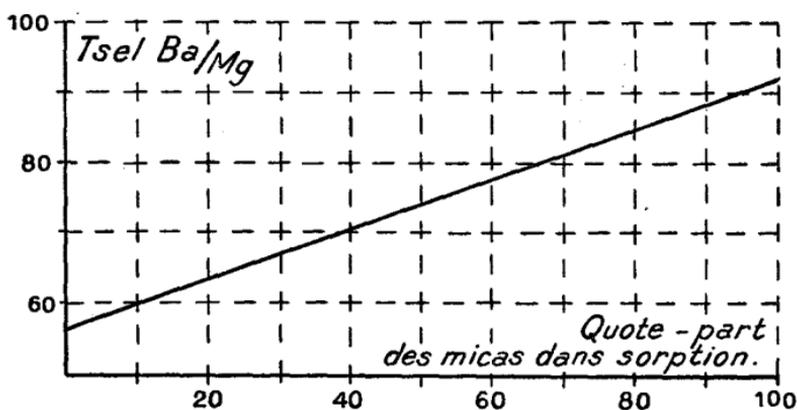


FIG. 3. — Détermination de la quote-part (en %) des micas dans la sorption minérale en partant de la sélectivité Ba/Mg.

Comme nous savons que 100 gr de montmorillonite fixent 100 mvals, chaque mval trouvé correspond à 1 %. Le sol étudié comprendra donc 15 % de montmorillonite; d'autre part, 100 gr de mica pouvant fixer 40 mvals, chaque mval retenu au mica représente une teneur de 2,5 %; les 5 mvals trouvés représentent donc une teneur de 12,5 % en micas.

III. — QUELQUES EXEMPLES.

1. *La sorption spécifique de la matière organique.* — Les exemples qui suivent démontrent clairement que la capacité de sorption de la matière organique peut varier dans de très fortes proportions :

I. Une teneur élevée en matière organique (échantillon 25/1 : teneur en humus 9,36 %) ne signifie pas nécessairement une forte augmentation de la capacité de sorption (dans l'échantillon 25/1 la valeur $T_t=31,4$, alors que $T_m=27,1$).

Profil 5. Localité : Lampernisse. — Coordonnées métriques : 112.630 O.; 73.310 N. Hauteur : < 4.

Numéro	Profon- deur	Humi- dité	Humus	CaCO ₃	T _t	T _m	T ₀	T _{inc}	Sélect. K/Ca	Teneur en		Fraction 0-20 μ
										Mica	Montin.	
5/1	0-10	5,30	9,93	0,3	38,1	28,2	142,8	28,31	51,1	12,7	23,0	68,4
5/2	10-28	5,08	5,30	0,1	35,3	27,5	200,3	27,57	48,0	8,0	24,0	70,8
5/3	28-53	3,63	1,10	12,2	30,4	28,9	—	34,21	51,1	10,5	28,0	68,1
5/4	53-80	3,37	0,65	13,1	25,8	22,3	—	25,85	42,9	1,1	25,0	61,7
5/5	80-110	3,47	0,65	13,9	26,8	23,7	—	27,68	52,2	13,3	22,0	74,7

Profil 11.

Localité : Beerst-Bloote. — Coordonnées métriques : 105.680 O.; 73.950 N. Hauteur : 3,25.

Numéro	Profon- deur	Humi- dité	Humus	CaCO ₃	T _t	T _m	T ₀	T _{inc}	Sélect. K/Ca	Teneur en		Fraction 0-20 μ
										Mica	Montin.	
11/1	0-11	4,27	7,60	0,5	40,5	28,9	197,6	29,07	44,3	3,3	27,7	68,3
11/2	11-25	4,31	5,90	1,5	34,6	26,3	186,3	26,73	—	—	—	67,5
11/3	25-33	4,40	2,10	6,3	33,1	27,8	335,0	29,80	42,4	0,8	29,5	74,4
11/4	33-70	4,03	1,46	19,8	32,1	30,7	—	38,80	< 42,0	—	38,8	83,8
11/5	70-99	3,61	0,90	20,6	25,8	25,3	—	32,30	47,0	6,0	29,1	70,4
11/6	99-125	2,69	1,01	13,0	21,6	19,4	—	22,30	42,2	0,5	22,1	51,9

Profil 14.

Localité : Beerst-Bloute. — Coordonnées métriques : 105.220 O ; 74.450 N. Hauteur : > 3.

Numéro	Profondeur	Humidité	Humus	CaCO ₃	T _t	T _m	T ₀	T _{mc}	Sélect. K/Ca	Teneur en		Fraction 0-20 μ
										Mica	Montm.	
14/1	0-4,5	5,55	9,81	0,0	31,8	25,60	102	25,60	53,8	15,0	19,6	58,6
14/2	4,5-22	4,87	3,85	0,4	30,3	26,70	151	26,80	55,3	18,0	19,6	65,4
14/3	22-80	4,79	0,92	2,3	30,1	27,40	—	29,00	47,8	12,8	24,9	66,8
14/4	80-88	2,89	6,62	0,2	23,9	13,00	183	13,00	—	—	—	30,0
14/5	88-109	0,90	0,62	0,0	5,3	3,83	—	3,82	—	—	—	14,3
14/6	109-123	0,52	0,07	0,0	—	1,23	—	1,22	—	—	—	8,4
14/7	123-150	6,68	0,46	0,0	—	31,20	—	31,20	47,6	10,7	27,7	75,4

Profil 15.

Localité : Beerst-Bloute. — Coordonnées métriques : 106.020 O.; 73.370 N. Hauteur : < 4 m.

Numéro	Profondeur	Humidité	Humus	CaCO ₃	T _t	T _m	T ₀	T _{mc}	Sélect. K/Ca	Teneur en		Fraction 0-20 μ
										Mica	Montm.	
15/1	0-15	4,99	7,78	2,3	36,5	23,9	199	24,6	80,6	46,7	5,9	53,4
15/2	15-56	4,25	1,96	5,9	25,8	23,5	178	25,3	78,2	44,3	7,6	56,4
15/3	56-99	4,32	0,80	22,0	27,2	25,1	—	32,7	68,0	40,8	16,4	77,2

Profil 18.

Localité : Bulskamp. — Coordonnées métriques : 112.910 O.; 73.690 N.

Numéro	Profondeur	Humidité	Humus	CaCO ₃	T _t	T _m	T ₀	T _{mc}	Fraction 0-20 μ
18/2	21-39,5	2,68	2,21	9,6	21,5	17,30	229,6	19,20	37,3
18/3	39,5-50	2,43	2,15	23,2	19,2	12,40	343,6	16,35	43,8
18/4	50-76	3,47	2,59	16,8	27,6	20,90	309,0	25,40	65,7
18/5	76-107	5,59	2,93	9,2	45,9	40,40	348,1	44,86	71,7
18/6	107-116	4,05	2,88	8,6	30,2	23,95	274,6	26,38	67,6
18/7	116-127	4,93	7,04	1,8	35,8	17,80	286,0	18,16	46,1

Profil 25.

Localité : Beerst-Bloute. — Coordonnées métriques : 105.296 O.; 73.100 N. Hauteur : 3 m.

Numéro	Profondeur	Humidité	Humus	CaCO ₃	T _t	T _m	T ₀	T _{mc}	Sélect. K/Ca	Teneur en		Fraction 0-20 μ
										Mica	Montm.	
25/1	0-12	6,41	9,36	0,3	31,4	27,1	91,3	27,10	< 42	—	27,2	72,0
25/2	12-36	5,16	1,12	17,0	31,6	31,3	—	38,28	< 42	—	38,3	74,8
25/3	36-53	4,20	0,69	11,6	25,6	24,2	—	27,54	< 42	—	27,5	58,7
25/4	53-64	4,89	1,10	3,1	30,2	26,2	—	27,09	< 42	—	27,1	65,0

La matière organique dans un tel cas est peu humifiée, parce que trop « pailleuse », par exemple; d'où une faible capacité de sorption ($T_0 = 91$ dans l'échantillon 25/1).

II. Dans un même profil on constate généralement que l'humus formé dans le sous-sol (humus du système radicaire) est de meilleure qualité, du point de vue physico-chimique, que l'humus de la couche arable. (Voir profils 5, 11, 14, 18.)

III. Dans une bonne terre de culture, la capacité de sorption de la matière organique est nettement supérieure à 200 mvals et dépasse facilement 300 mvals (profil 18).

2° *Les constituants actifs de la fraction argileuse.* — Nous donnons ci-après, à titre d'exemple, les résultats analytiques obtenus sur :

I. Un profil dans lequel la matière argileuse active est uniquement composée de montmorillonite (profil 25);

II. Un profil dans lequel la fraction argileuse contient peu de minéraux micacés (profil 11);

III. Deux profils dans lesquels l'influence des micas devient nettement sensible (teneur supérieure à 10 %) (profils 5 et 14);

IV. Un profil dans lequel les micas sont les constituants essentiels (de l'ordre de 40 %) (profil 15).

DISCUSSION.

M. M.-E. Denaeys demande comment on détermine l'excès de l'ion déplaçant lorsque le contenu du tube n'est pas lavé. M. L. De Leenheer répond que le tube de percolation est pesé avant et après son humectation, ce qui donne le poids de la solution d'échange retenu par capillarité. Connaissant la concentration de la solution on peut soustraire cette quantité du résultat trouvé.

Il existe cependant une source d'erreur dont l'importance doit encore être vérifiée : l'évaporation. Celle-ci peut amener un changement de concentration lorsqu'elle se produit entre la fin de la percolation et la pesée du tube humide.

Sur la stratigraphie de la Série du Lualaba, le long du Lomami, d'après les travaux de M. J. Dubois (1926) (*),

par L. CAHEN.

On donne le nom de Série du Lualaba à des couches affleurant notamment le long de ce fleuve entre Kindu et l'île Bertha, peu en aval de Stanleyville (1). Dans cette acception, le terme « Série du Lualaba » est synonyme des « Stanleyville Beds » d'A. C. Veatch (2) et de l'« Étage du Lualaba » de M. Robert (3).

On savait déjà qu'aux couches affleurant le long du Lualaba il fallait ajouter celles qui existent le long du Bas Lomami (4) et, dans une note récente, à ces couches bien connues ont été adjoints un certain nombre d'affleurements plus largement répartis (Katanga, Kasai, Haut Lomami) (5).

Les lignes qui suivent ont pour but de préciser cette assimilation à la lumière d'observations déjà anciennes, mais restées inédites jusqu'ici.

*
**

La Série du Lualaba de la région comprise entre Stanleyville et Ponthierville a été étudiée en grand détail par les ingénieurs de la Compagnie des Chemins de fer du Congo supérieur aux Grands Lacs africains et leurs observations ont été relatées dans un mémoire de G. Passau paru en 1923 (6).

Ces observations, partiellement revues, complétées et réinterprétées par A. C. Veatch et par M. Sluys, en partie d'après les observations originales de M. Hornemann (in 6), ont conduit à admettre pour le Karroo de cette région la succession suivante (2) et (5) :

III. Grès tendres zonaires, parfois psammitiques, avec localement à la base niveau d'argilite non fossilifère ou grès zonaires argileux à nodules et galets.
Cet ensemble est transgressif sur la

II. Série du Lualaba :

4. Argilites et marnes rouges et bariolées. Couches bitumineuses.
3. Schistes et argilites verts. Couches bitumineuses.
2. Grès argileux et calcareux. Couches bitumineuses.
1. Grès et grès conglomératiques.

Elle-même séparée par une lacune stratigraphique de la

I. Série de la Lukuga.

(*) Manuscrit remis au Secrétariat le 2 juin 1948.

La Série III peut représenter, soit la série du Kwango, en tout ou partie (ancien Lubilash pars), soit le système du Kalahari ou une autre formation postérieure au Karroo.

Dans la région type, la Série du Lualaba apparaît essentiellement comme un ensemble de schistes et d'argilites plus ou moins calcaireux, surmontant des grès parfois calcaireux.

M. Leriche (4) signale que tout le long du Bas Lomami, les couches du Lualaba affleurent et qu'elles ont livré de nombreux fossiles analogues à ceux recueillis plus à l'Est.

Les recherches dans cette région ont été menées en 1926 par M. J. Dubois; ses notes originales ont été déposées au Musée du Congo belge, et grâce à leur précision et à leur abondance, il est possible de donner un aperçu assez correct du Lualaba de cette région.

Dans son rapport (brouillon), J. Dubois esquisse la stratigraphie générale que je résume ci-après (la première colonne donne les désignations lithologiques, la deuxième la classification stratigraphique de J. Dubois, la troisième mon interprétation) :

Succession	Interprétation DUBOIS (1926)	Interprétation CAHEN (1948) (voir détails dans tableau ci-dessous)
6. Grès, grits, arkoses, poudingues d'Opala.	Lubilash supérieur.	Formation post-Karroo.
5. Grès tendres avec argilites rouges.	Lubilash moyen.	Série du Kwango (?).
4. Grès à stratification entrecroisée sans cal- caire.	Lubilash inférieur.	Série du Lualaba 2 B.
3. Roches gréso-schis- teuses et psammiti- ques avec horizons calcaires — de Lito- ko —, grès de Bena Boyo.	Assise de transition entre Lubilash et Lualaba.	Série du Lualaba 2 A.
2. Schistes bitumineux, schistes calcaireux, argilites et grès, etc.	Lualaba.	Série du Lualaba 1 A et B.
1. Grès et argiles à blocs de quartzites.	Lualaba (base).	Lualaba ou peut-être Série de la Lukuga (cette dernière existe sans doute plus au Sud).

Le texte de J. Dubois indique clairement l'existence d'une phase érosive entre 6 et 4 dans la vallée du Lomami, puisque 5, susjacent à 4 par un contact transgressif et peut-être discordant, n'affleure pas dans le Lomami même, mais seulement quelques kilomètres plus à l'Ouest, et qu'au fleuve, 6 repose directement sur 4.

Entre 4, 3 et 2, par contre, les contacts paraissent normaux et graduels; les éléments font défaut pour juger du contact entre 2 et 1.

Il n'existe donc aucune raison pour ne pas grouper en une seule grande unité les termes 2, 3 et 4, ainsi peut-être que 1. Quant à 5, séparé des précédents par un contact donné comme discordant, sa composition, grès tendre et argilite rouge, permet d'émettre l'hypothèse qu'il s'agit de la série du Kwango, et la formation arénacée grossière d'Opala, d'allure ravinante, est incontestablement post-Karroo.

Les termes 4, 3, 2 et éventuellement 1, sous-jacents à la série du Kwango présumée, et séparés d'elle par une discontinuité marquée, doivent par définition s'intégrer dans la Série du Lualaba.

*
**

M. J. Dubois a relevé méticuleusement tous les affleurements du Lomami et a effectué un grand nombre d'observations dans des affluents du fleuve, depuis Bena Kamba, limite Sud de la concession de la C^e du Lomami et du Lualaba, jusque près d'Isangi, au confluent Lomami-Congo. En reprenant ces observations et en les réunissant, compte tenu de l'allure des couches, on arrive à une succession déjà détaillée que je donne ici sous forme un peu simplifiée.

La précision de l'édifice ainsi bâti est un peu illusoire; il n'est guère possible d'éviter parfois des répétitions de termes ou d'en supprimer d'autres, et l'allure des couches doucement ondulées n'est pas connue dans le plus grand détail; aussi n'ai-je pas attaché une importance capitale à obtenir la succession la plus complète possible, mais, au contraire, ai visé à dégager les grandes lignes de la succession du Lualaba de cette région (la subdivision est de moi).

La comparaison avec la succession donnée précédemment pour le Lualaba type de la région Stanleyville-Ponthierville est déjà assez frappante et le devient plus encore si l'on entre dans

SÉRIE DU LUALABA.

2.	Étage « gréseux »	} B. Sans calcaire.	} [B'. Grès tendres, rubanés, gris, verts, rouges... (Elipa), peut-être post-Karroo]; grès vert ou rose, violacé, avec stratification entrecroisée; grès schisteux tendres, psammites rou-et bigarrés; quelques argilites.
1.	Étage « schisto-calcaire »	} B. Teinte rouge dominante	} Argilites, schistes, calcschistes rouges ou bigarrés; schistes bitumineux; psammites; schistes lie de vin à grès tendre, calcaireux; schistes rouges ou bigarrés, à nodules calcaires.

un certain détail, et il est légitime, vu la faible distance séparant ces deux zones d'affleurements, de considérer les équivalences suivantes comme très vraisemblables :

L'Étage 1, « schisto-calcaire », du Lomami correspond à tout ou partie de 1 et à tout 2 et 3 de l'échelle de la région du Lualaba. Les quelques grès bitumineux du km 108 du rail Stanleyville-Ponthierville se placent, soit au sommet de 1 B, soit plutôt à la base de 2 A.

La Série du Lualaba, telle qu'on l'observe au Lomami, est plus complète qu'au Lualaba; elle comporte, quoique sans doute sur une épaisseur moindre, les mêmes couches qu'au Lualaba et prend vers le haut un développement, sur lequel on n'a pas encore attiré l'attention, par l'existence d'un étage à prédominance gréseuse qui ne s'observe pas ou à peine dans la région plus orientale.

Tout ce qui a été dit jusqu'ici concerne le Lomami au Sud d'Opala. L'allure largement synclinale des couches du Karroo autour de ce poste fait que la stratigraphie se répète au Nord de celui-ci en sens inverse, et l'on retrouve dans l'ensemble des subdivisions comparables; cependant, vers le Nord, le facies apparaît dans son ensemble plus gréseux que vers le Sud, constatation déjà faite au Lualaba. Cette variation de facies n'est pas de nature à justifier l'adoption d'une autre légende pour le Nord.

*
**

Ces faits doivent être rapprochés d'une observation de A. C. Veatch (2, p. 133). D'après cet auteur, un ensemble de 25 m de grès et d'argilites non fossilifères qui surmontent la Série du Lualaba fossilifère en aval de Stanleyville et paraît transgressif par rapport à cette dernière doit être considéré comme le sommet de la Série du Lualaba de la région de Stanleyville, lorsqu'on vient de cette région, et comme la base du Lualaba de la région de l'Itimbiri lorsqu'on vient du Nord-Ouest. De ces données contradictoires, Veatch, et plus tard les auteurs d'un essai de synthèse écrit en 1945, mais paru en 1948, concluaient qu'il s'agissait de couches de la base de la Série du Kwango (ancien Lubilash).

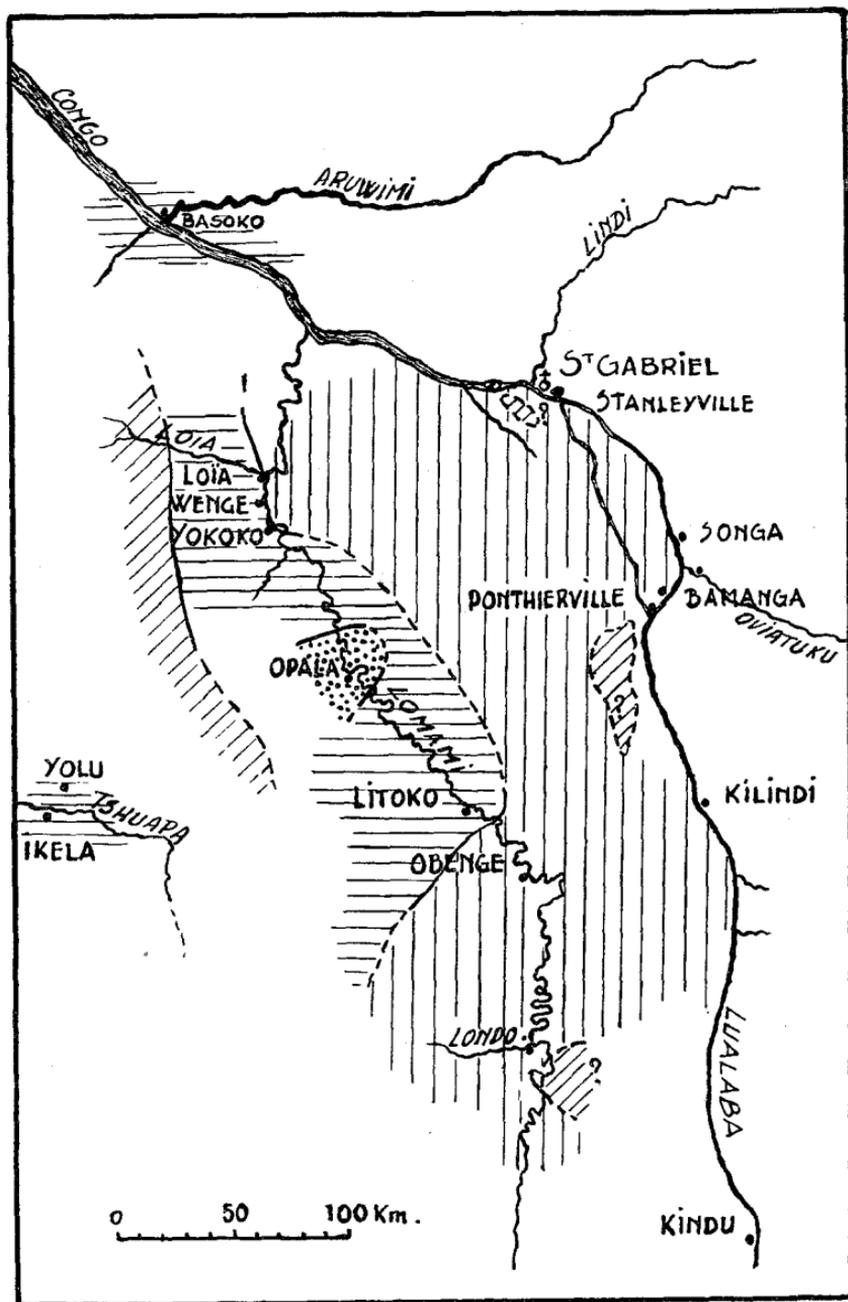
Il suffit de porter sur une carte les points où ont été observées les couches gréseuses de l'Étage supérieur du Lualaba, du Lomami et les couches non fossilifères de Veatch, supérieures au Lualaba de Stanleyville, pour s'apercevoir qu'il s'agit d'une seule et même formation. Les observations de J. Dubois indiquent que celle-ci doit être classée comme Étage supérieur du Lualaba et non comme base du Kwango.

Ainsi que le signale Veatch, cet Étage s'étend loin vers l'Ouest le long du fleuve Congo et constitue au moins la base du Karroo de l'Ubangi (1).

*
**

Ce qui précède est établi uniquement au moyen d'arguments géométriques ou lithologiques; il a été possible d'obtenir rapidement une confirmation paléontologique de cette subdivision

(1) Les travaux pétrographiques récents de B. Aderca (7) ont abouti à retrancher du Karroo de l'Ubangi de puissantes couches appartenant en réalité au Groupe de l'Ubangi, équivalent du Groupe de la Lindi.



FORMATION
POST KARROO



SERIE DU
KWANGO ?



SERIE DU
ÉTAGE SUP.



LUALABA,
ÉTAGE INFÉR.

ESQUISSE GÉOLOGIQUE DU BAS LOMAMI

binaire de la Série du Lualaba. Les travaux de R. Marlière sur les entomostracés du Karroo lui ont permis de constater que la faune du Lualaba de la région Stanleyville-Ponthierville était typique de l'étage inférieur « schisto-calcaire » de cette série, alors qu'au contraire les gîtes répartis dans l'étage supérieur étaient caractérisés par une faunule absolument différente, et différente également de celle de la Série du Kwango (8).

La superposition des deux étages étant un fait et leur différenciation paléontologique en étant un autre, on peut considérer cette subdivision binaire de la série du Lualaba comme acquise et caractériser l'Étage inférieur comme étant le remplissage d'une cuvette aux dimensions limitées, alors que l'Étage supérieur déborde hors de cette cuvette et est transgressif par rapport au premier.

Pour l'Étage inférieur, je proposerais le nom d'« Étage de Stanleyville », reprenant ainsi la dénomination de Veatch exactement dans son sens original; pour l'Étage supérieur, l'expression « Étage de la Loïa » pourrait convenir, puisque dans le bassin de cet affluent du Lomami les roches de cet étage supérieur sont bien représentées.

On obtient ainsi le schéma suivant :

Série du Lualaba	2. Étage de la Loïa.
	1. Étage de Stanleyville.

La plupart des affleurements nouveaux qu'en 1945 mes collègues Jamotte, Lepersonne, Mortelmans et moi avons assimilés à la Série du Lualaba doivent être rangés, pour des raisons paléontologiques, stratigraphiques ou lithologiques, et suivant ces motifs, avec plus ou moins de certitude, dans l'Étage de la Loïa de la Série du Lualaba. Font exception les calcaires gréseux et schistes bitumineux à poissons et ostracodes du Bas-Kasai (Makaw et environs), qui paraissent être un remplissage de cuvette analogue à celui que constitue l'Étage de Stanleyville.

Tervuren, le 25 mars 1948.

Section de Géologie du Musée du Congo belge.

BIBLIOGRAPHIE.

1. Carte géologique du Congo belge et du Ruanda-Urundi. Légende générale (Commission de Géologie du Ministère des Colonies, 1948).
2. A. C. VEATCH. Evolution of the Congo Basin (*Mém. Geol. Soc. Am.*, n° 3, 1935).
3. M. ROBERT, Le Congo physique, 3^e éd., 1947.
4. M. LERICHE, Catalogue des fossiles du Congo (Société géol. de Belgique, *Livre jub. 50^e année*, vol. 3, 1924; paru en 1927).
5. L. CAHEN, A. JAMOTTE, J. LEPERSONNE et G. MORTELMANS, Etat actuel des connaissances relatives à la stratigraphie des Systèmes du Kalahari et du Karroo au Congo belge (*Serv. géol. du Congo belge et du Ruanda-Urundi*, Bull. n° 2, fasc. 2, 1945; paru en 1948).
6. G. PASSAU, La géologie du bassin des schistes bitumineux de Stanleyville (Congo belge) (*Ann. Soc. géol. de Belgique*, vol. 45, publ. rel. au Congo belge, 1921-1922; paru en 1923).
7. B. ADERCA, Étude pétrographique et carte géologique du District du Congo-Ubangi (Congo belge), 1947 (manuscrit).
8. R. MARLIÈRE, Ostracodes et Phyllopoïdes du Système du Karroo au Congo belge (*Ann. Mus. Congo Belge*, série in-8°, Sc. géol., n° 2, 1948).

DISCUSSION.

M. Leriche demande si l'on n'a pas trouvé d'Estheriella dans la Série du Kwango au Congo belge. M. Cahen répond que la seule Estheriella connue jusqu'ici au Congo belge est toujours Estheriella lualabensis, caractéristique de l'Étage inférieur de la Série de Lualaba. L'Étage supérieur n'en a pas livré, pas plus que les gisements congolais de la Série du Kwango. Par contre, cette dernière série a en Angola fourni une autre espèce : Estheriella moutai.

M. Sluys demande si l'on possède des données relatives à la puissance de la Série du Lualaba au Lomami. M. Cahen répond que les couches étant ondulées, il est difficile de fixer une valeur; il semble que l'Étage inférieur de la Série du Lualaba au Lomami est moins puissant qu'au Lualaba, ce qui est conforme à la disposition en cuvette figurée par M. Passau. M. Sluys demande encore si des observations au Bas-Lomami ont permis d'apercevoir le socle pré-Karroo. M. Cahen répond négativement.

Enfin, M. Mortelmans voudrait savoir si le niveau de schistes à silex rencontré aux confins du Kasai et du Katanga se

retrouve au Lomami. M. Cahen précise que les travaux de F. Delhaye et G. Borgnietz montrent que ce niveau existe encore dans le Bassin de la Lukenie, mais passe plus au Nord à des argilites gris verdâtre, qui à la Tshuapa sont identiques au Lualaba supérieur. Cette identité est confirmée par l'analogie des ostracodes trouvés dans la Tshuapa avec la faune caractéristique du Lualaba supérieur.

Paléontologie du Karroo au Congo belge : Ostracodes et Phyllopoques,

par RENÉ MARLIÈRE (Mons). ✓

Le Musée du Congo, à Tervuren, édite actuellement une monographie des gîtes à Entomostracés du Système du Karroo au Congo belge (1). Les conclusions de cette étude font apparaître une distribution stratigraphique et une répartition géographique résumées ci-après, compte tenu des indications apportées par divers auteurs, et notamment par M. Cahen dans sa note à la Société belge de Géologie, présentée le 1^{er} juin 1946.

SÉRIE DU KWANGO.

<i>Cypris</i> sp.	Kitari; Kimbau.
<i>Estheria mangaliensis</i> var. <i>angolensis</i>	Kitari; falaises Schwetz (Kwenge).

SÉRIE DU LUALABA.

Étage de la Loïa.

Cf. <i>Paraparchites</i> sp. ind.	Yokoko.
<i>Cypris</i> sp.	Yokoko; Basoko Moke.
<i>Ilyocypris lomamiensis</i> nov. sp. ...	Yokoko.
<i>Ilyocypris</i> sp.	la Loïa; Ubangi.
<i>Brachycythere? basokoensis</i> nov. sp.	Basoko Moke.
Cf. <i>Cythere</i>	Yolu (Cuvette centrale).
Cypridé indéterminé	Yokoko.
<i>Candona? sp.</i>	} Makungu.
<i>Ilyocypris makunguensis</i> nov. sp.	
<i>Estheria minuta</i> var. <i>brodtei</i>	

(1) Paru depuis sous le titre : Ostracodes et Phyllopoques du Système du Karroo au Congo belge (*Ann. du Musée du Congo belge*, série in-8°, Sciences géologiques, vol. 2, Tervuren, 1948).

Étage de Stanleyville.

<i>Cypris</i> sp. (grande forme)	Stanleyville; la Yoko; Yanumbe; la Londo.
<i>Darwinula globosa</i> var. <i>stricta</i>	Stanleyville; la Yoko; Yanumbe; la Londo.
<i>Metacypris passau</i> LERICHE	Stanleyville; Oviatuku.
<i>Metacypris duboisi</i> nov. sp.	la Londo.
<i>Metacypris roberti</i> nov. sp.	la Yoko.
<i>Metacypris</i> sp.	la Londo.
<i>Estheriella lualabensis</i> LERICHE	Stanleyville; Songa; Kindu; la Yoko; ile Bertha; la Londo.
<i>Estheria</i> nov. sp.	la Londo.

SÉRIE DE LA LUKUGA.

N'a encore livré aucun Entomostracé au Congo.

*
**

Cette énumération fait apparaître un notable accroissement des données paléontologiques et une extension géographique considérable des Entomostracés, souvent accompagnés d'ailleurs de restes de poissons.

Il est à penser que d'autres découvertes auront lieu dans la suite et il est souhaitable que le matériel paléontologique soit dorénavant examiné avec attention, une utilisation stratigraphique des Ostracodes et Phyllopoques étant entrevue dès à présent.

Faculté polytechnique de Mons.

**Compte rendu de l'excursion du dimanche 6 juin 1948
dans les environs de Tirlemont et de Landen (*),**

par M. GULINCK.

De nombreux membres s'étaient fait inscrire pour l'excursion organisée en vue d'illustrer la communication faite par le conducteur de l'excursion sur les phénomènes de glissement sous-aquatique dans le Landénien de la Hesbaye (¹). Au rendez-

(*) Manuscrit reçu le 6 juillet 1948.

(¹) M. GULINCK, Sur des phénomènes de glissement sous-aquatique et quelques structures particulières dans les sables landéniens (*Bull. Soc. belge de Géologie*, t. LVII, 1948, pp. 12-30). On voudra bien s'y référer pour trouver des détails complémentaires relatifs aux coupes visitées au cours de l'excursion.

vous, fixé pour 10 h devant la gare de Tirlemont, se trouvèrent réunis : MM. A. Hacquaert, R. Cambier, C. Camerman et Madame, L. Cahen, J. de Roubaix et Madame, P. de Béthune, A. Delmer, M.-E. Denaeyer, G. De Witte, P. Dumon et Madame, M. Gulinck, A. Grosjean, S. Jonet, M. Leriche, N. Ly-Kiardo-poulo, A. Legrand et Madame, A. Lombard, P. Michot, G. Mortelmans, R. Maréchal, M. Simon, R. Tavernier, B. Van de Poel, A. Wéry, auxquels s'étaient joints MM. Nicolaï et Stercken.

Notre collègue M. J. de Roubaix avait eu la courtoisie d'inviter la compagnie à prendre, avant le départ, une collation en son domicile de Tirlemont. En termes fort aimables, il insista sur le plaisir rare de recevoir à Tirlemont un groupe de géologues belges et invita ceux-ci à se restaurer avant d'entreprendre leur course. M. R. Cambier, secrétaire général, remercia au nom de la Société M. et M^{me} de Roubaix de leur délicate attention et il fit connaître qu'en outre et à l'intervention de M. Delacroix, administrateur-délégué des Raffineries Tirlemontoises, celles-ci assumeraient les frais de transport des excursionnistes en autocar. Plein de reconnaissance et mis en belle humeur par cet accueil chaleureux, le groupe prit le départ.

Un court arrêt près de la petite église romane d'Overlaar, construite en quartzites landéniens, permit d'esquisser rapidement l'allure générale des dépôts landéniens de la région et de jeter un regard sur le paysage. La route borde le flanc occidental de la vallée assez encaissée de la Grande Gette. Cette vallée est nettement dessinée par des rangées d'arbres qui lui donnent un aspect très pittoresque, par suite du contraste avec la nudité des plateaux environnants. Le plateau situé à l'Ouest de la route s'élève jusqu'à la cote +81 et présente plusieurs dépressions et échancrures. Ce sont là des vestiges d'anciennes carrières où l'on a exploité, jusque vers 1910, un banc de grès-quartzites, gisant en place à la cote +63, dans les dépôts tout à fait supérieurs du Landénien ⁽²⁾.

Une carrière, située à 500 m à l'Ouest de la route et à hauteur de la borne 3, exploite actuellement le sable glauconifère marin landénien du niveau *L1d*. Le temps restreint et le mauvais

(2) On trouvera une bibliographie complète relative aux sables et grès landéniens de la Hesbaye dans M. GULINCK et R. TAVERNIER, Les sables landéniens de la Hesbaye. Grès tertiaires exploités en Basse- et Moyenne-Belgique (*Annales Congrès Centenaire A.I.Lg.*, septembre 1947, section Géologie).

état du sentier en empêchèrent la visite. On en retrouve d'ailleurs tous les éléments dans les belles coupes offertes par les deux carrières ouvertes près de la gare de Hoegaarde. L'une d'elles est située contre la voie ferrée, à 200 m au Nord de la gare; l'autre se trouve à 500 m plus vers l'Est, près du chemin empierré conduisant au hameau de Rommersom. Cette dernière exploitation offre actuellement le plus d'intérêt pour le sujet qui nous occupe spécialement et fut visitée en détail.

On y voit des sables blancs, plus ou moins ligniteux, reposer sur des sables marins glauconifères. On trouve, à droite et au sommet de la carrière, de gros blocs de grès mamelonnés et de nombreux déchetts de taille. Toute cette région a, en effet, été fouillée pour extraire les blocs de quartzite, remaniés à la base du Pléistocène, afin d'en confectionner des pavés.

Les plissements observables dans certains niveaux de la masse des sables glauconifères suscitèrent de nombreux commentaires, chacun s'essayant à en découvrir la formation. Cela n'est pas toujours chose aisée, car on trouve les formes les plus diverses. D'autre part, vu la petitesse des déformations et la nature de la masse sollicitée, il est possible qu'en deux points différents les directions de plissement ne coïncident pas. Il est cependant hors de doute que c'est de l'allure moyenne des déformations qu'on doit déduire la direction des forces de poussée. Quelle est la nature de celles-ci? Grippage du fond par les courants fluviaux, effet de la pesanteur agissant sur des masses en pente, jeu des marées provoquant des surpressions locales sur un fond mobile par suite d'exondations répétées...? Autant de questions qui ne peuvent trouver réponse qu'après examen minutieux de chaque détail de structure. L'attention a également été attirée par la présence de paquets lenticulaires d'argile dispersés dans la masse des sables.

L'autocar conduisit ensuite le groupe vers Neerheillem, en passant par Autgarden, Gossoncourt et le hameau de Meer, où la route contourne le flanc d'un petit promontoire s'avancant vers le Sud. La pointe du promontoire est entamée par un complexe de carrières situées à environ 1 km au Nord de Neerheillem. Deux carrières sont actuellement en exploitation. Celle située près du tournant de la route présente plusieurs structures intéressantes. La partie inférieure de la masse exploitée montre des paquets de couches de sable blanc tantôt homo-

gènes, tantôt riches en lits glauconifères plus ou moins argileux. Les lits sont en stratification inclinée accompagnée de plissements. Plusieurs faillettes scindent la masse en tronçons affectés de légers déplacements. Les lits glauconifères présentent parfois des renflements régulièrement espacés, par suite d'une concentration locale de la glauconie. On pouvait observer vers le milieu de la carrière une poche de ravinement remplie par une masse homogène de sable peu stratifié, sans glauconie, renfer-

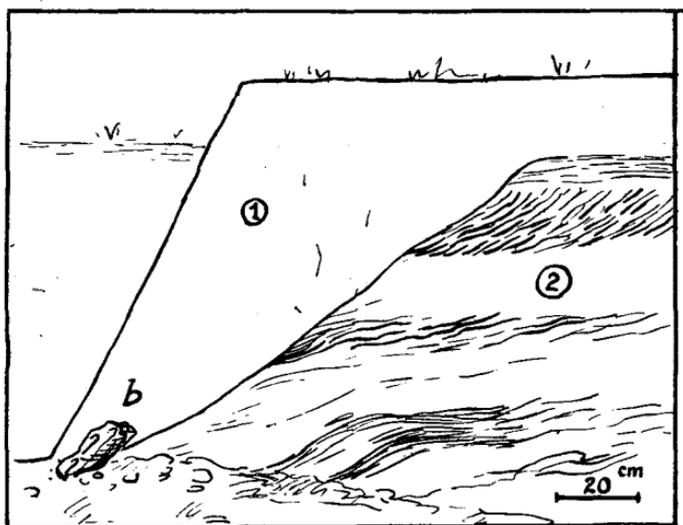


FIG. 1. — Neerheilissem.

- 1 : Sable blanc homogène remplissant une poche de ravinement.
 2 : Sable blanc avec glauconie remaniée. — b : Bois silicifié.

mant au fond un bloc de bois silicifié. Cette poche représente la trace d'un chenal fluvial, probablement orienté de S.-S.-E. en N.-N.-O. (fig. 1).

La seconde carrière, située à un niveau plus élevé, exploite des sables blancs privés de glauconie, du moins dans la partie visible. Ils renferment de nombreux filets ligniteux, souvent très minces. On peut y découvrir un grand nombre de plissements très capricieux, d'autant plus apparents que les lits ligniteux sont plus accentués. Les couches pléistocènes de couverture atteignent environ 3 m d'épaisseur et montrent la succession : terre à brique, ergeron, cailloux disséminés, sable fin interstratifié de limon, cailloutis de silex.

Le groupe se dirigea ensuite sur Ophelissent, pour prendre la grand'route de Hannut. Celle-ci longe la rive droite de la Petite Gette depuis le hameau de Hampteau jusqu'au village de Linsmeau. Le sable glauconifère *L1d*, observé à Hoegaarde, disparaît ici pour laisser apparaître le « tuffeau de Lincent », facies caractéristique du niveau *L1c*. Cette roche est exploitée dans une petite carrière située à mi-hauteur entre la route et la rivière, en un point tout près du bord extrême de la planchette de Tirlemont. Ce tuffeau se présente sous l'aspect d'une masse homogène cohérente, stratifiée, très fendillée au sommet, mais renfermant, vers 5 m de profondeur, des bancs massifs de près de 1 m d'épaisseur. L'altération de la roche donne une sorte d'argile verdâtre, remplissant les cassures où s'infiltrèrent les eaux atmosphériques. La composition lithologique du tuffeau est complexe et assez variable. On y découvre au microscope de nombreux grains de quartz et de glauconie, accompagnés de spicules d'éponges très abondants, noyés dans une gangue calcaro-siliceuse. La pierre est légère, poreuse, friable, mais durcit par la chaleur. De là son emploi comme pierre réfractaire dans le revêtement de fours à cuire le pain. Les bancs du fond sont plus durs et ont été utilisés dans toute la région pour la construction d'habitations rurales et de plusieurs églises anciennes, entre autres celles de Gossoncourt et de Neerheilissent, qui purent être observées au passage.

Le tuffeau renferme quelques fossiles, mal conservés. On put y récolter plusieurs exemplaires complets de *Pholadomya Konincki*, *Crassatella landinensis*, une dent : *Odontaspis Rutoti*, de nombreux gyrolithes, etc.

On quitta la carrière vers 2 h 15. Un court arrêt près de la station de Lincent permit de prendre un peu de repos et de vider les sacs à provisions.

Le groupe se remit ensuite en route pour Landen, en passant par Racour. On laissa de côté la carrière de Linsmeau, située dans la pointe extrême de l'angle formé par la grand'route et le chemin empierré se dirigeant vers le Nord au hameau d'Ardevoor. Les plissements vraiment spectaculaires que nous y avons pu admirer l'année dernière dans des sables ligniteux landéniens n'étaient malheureusement plus visibles à l'heure actuelle, l'exploitation ayant enlevé tout le morceau. Les excursionnistes purent cependant examiner quelques photos prises au moment propice.

La carrière Frison, située au Sud de la gare de Landen, formait le dernier affleurement visité au cours de l'excursion. La figure 2 ci-contre en donne une vue d'ensemble schématique. Toutes les couches observées présentent des particularités intéressantes. Le limon de couverture est très épais vers le point A de la coupe. Il y comble en effet un ancien thalweg orienté *grosso modo* d'Est en Ouest, dont l'emplacement est indiqué par une masse de limon laissée intacte dans la carrière.

Le Tongrien est représenté ici par du sable fin glauconifère, un peu argileux (*Tg1c*), reposant sur un cailloutis peu abon-

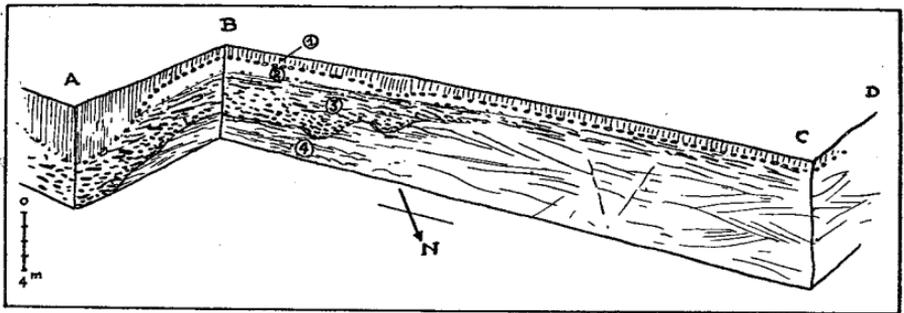


FIG. 2. — Coupe schématique de la carrière Frison (Landen).

- 1: Limon avec cailloutis.
- 2: Sable tongrien *Tg1c*.
- 3: Brèche argilo-sableuse (Landénien supérieur).
- 4: Sable blanc (idem).

dant et très irrégulier de silex roulés. Il est absent dans la partie CD de la coupe, où le limon recouvre directement le Landénien supérieur. On y trouve, par contre, à la base du limon, plusieurs blocs tabulaires de grès blanc, épais d'environ 6 cm. Les faces de ces blocs présentent une patine brunâtre due probablement à des infiltrations d'oxydes de manganèse et de fer. On y trouve de très nombreux moules de *Cerithium plicatum* ⁽³⁾ tous couchés à plat et parfois un lamellibranche.

Ils proviennent donc d'un niveau gréseux du Tongrien supérieur, apparenté au facies des sables de Kerckom. Des coupes minces montrent que ce grès est formé de grains de quartz pur,

⁽³⁾ Cette détermination est due à M. Glibert, conservateur au Musée royal d'Histoire naturelle, pour laquelle nous le remercions vivement.

assez gros et bien calibrés, cimentés par du quartz secondaire. Il semble que ce type lithologique n'ait pas encore été signalé dans les concrétions gréseuses du Tongrien.

Les sables landéniens exploités dans la carrière reposent sur de gros blocs de silex caverneux que l'on trouve, d'après l'exploitant, à 1^m50 sous le niveau de la carrière. Plus bas on rencontre des grès argileux glauconifères du niveau *L1c*.

La structure des sables blancs landéniens, et tout spécialement de la brèche argilo-ligniteuse, ayant été décrite en détail dans la communication signalée plus haut, il sera inutile d'y revenir ici. A remarquer cependant sur la figure ci-jointe la présence de petits chenaux secondaires que l'exploitation avait récemment fait apparaître.

L'excursion se termina vers 16 h 20, ce qui permit de rentrer à Bruxelles par le train de 16 h 47.
