

DÉTERMINATION DU TAUX DE CARBONE ET DU RAPPORT ISOTOPIQUE  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  D'UN  
HORIZON D'ALTÉRATION ISOVOLUME FERRALLITIQUE DE LA RÉGION  
TROPICALE HUMIDE DE BAHIA (BRÉSIL)

Par J.L. RAPAIRE\*, P.F.S. LÔBO\*\*, J.M. FLEXOR\*\* et G. SIEFFERMANN\*\*\*

\* Centre Scientifique de Monaco, Principauté de Monaco

\*\* Laboratoire de Géophysique Nucléaire, Institut de Physique, Université Fédérale de Bahia

\*\*\* Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer

*Résumé* – L'étude a porté sur l'horizon d'altération isovolume, constitué d'halloysite, d'un sol ferrallitique de la zone tropicale humide de l'état de Bahia.

Après deux traitements à l'eau oxygénée concentrée, la combustion à  $800^{\circ}\text{C}$  de l'échantillon nous a montré un taux résiduel de  $0,30/100$  de carbone.

La détermination du rapport isotopique  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  de ce carbone nous a donné un âge de  $3550 \pm 150$  ans B.P.

Pour interpréter la présence de ce carbone dans l'horizon d'altération isovolume profond de six mètres, deux hypothèses peuvent être envisagées : premièrement, celle de composés organiques originaires des horizons supérieurs du sol ; deuxièmement, celle de substances organiques résiduelles d'origine microbologique. Aucune autre explication ne semble pour l'instant pouvoir être retenue.

Aucune position définitive en faveur de l'une ou de l'autre de ces hypothèses n'est prise.

*Abstract* – The isovolume weathering horizon of a ferrallitic soil from the humid tropical zone of Bahia (Brazil) has been studied.

After two tests with concentrated oxygen water the combustion of the sample at  $800^{\circ}\text{C}$  shows a percentage of  $0,30/100$  residual carbon.

The isotopic ratio  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  of this carbon indicates an age of  $3550 \pm 150$  years B.P.

In order to interpret the presence of this carbon in the isovolume weathering horizon, 6 m deep, two hypotheses can be given. First, the hypothesis of organic compounds coming from the upper horizons of the soil ; secondly, the hypothesis of residual organic substances, of microbiological origin.

No definitive choice is done in the favour of one of these hypotheses or the other.



## INTRODUCTION

Dans la région littorale du Sud de l'état de Bahia (Brésil), on rencontre fréquemment des altérations d'une dizaine de mètres d'épaisseur, dérivées de roches métamorphiques précambriennes. Ces altérations ont été décrites, cartographiées et étudiées au point de vue agronomique par AFONSO (1970), CAMARGO (1964), MIRANDA (1971), SILVA (1969 et 1971) et au point de vue minéralogique, par MONIZ *et al.* (1972). Le profil présenté ici est situé à 38 m d'altitude et évolue sous une pluviosité voisine de 1800 mm par an, très bien répartie. Le degré hygrométrique du lieu ne descend jamais au-dessous de 80 %. La végétation est celle de la forêt humide et chaude de basse altitude.

L'intérêt de la détermination de l'activité spécifique du carbone de la partie profonde de cette altération vient du fait qu'à proximité ont été faites des déterminations du rapport isotopique  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  sur les diverses fractions organiques de plusieurs horizons d'un sol jeune (OLIVEIRA *et al.*, 1972).

## I - DESCRIPTION DE L'ALTÉRATION

La coupe étudiée est située à 21 km d'Uruçuca sur la route qui mène vers Ilhéus : elle montre environ 9 m d'épaisseur de sol, dont 7 m d'horizon (C), constitué de roche totalement décomposée à structure conservée de couleur brun-jaune assez claire.

L'ensemble du solum peut être divisé en quatre horizons : dans la partie supérieure, les limites de ceux-ci sont difficiles à préciser : A (0 à 25 cm) ; (B) (25 à 70 cm) ; (B)/(C) (70 à 130 cm) et (C) (130 à 900 cm).

Les caractéristiques morphologiques du profil sont les suivantes :

- La couleur du sol s'éclaircit progressivement vers la profondeur : elle est brun-foncé en A, brun-rouille en (B) et (B)/(C) et brun-jaune assez clair en (C).
- La teneur en matière organique est élevée : 7 % entre 0 et 10 cm, près de 2 % à 40 cm, et, en (C), à 6 m de profondeur, 1<sup>o</sup>/<sub>oo</sub>, malgré la teinte claire de l'horizon. Les racines sont abondantes dans l'horizon de surface et descendent localement jusque vers 5 m de profondeur.
- La texture apparente est sablo-argileuse dans l'horizon A, argilo-sableuse en (B) et (B)/(C) et sableuse fine en (C).
- La structure est fragmentaire, polyédrique à tendance grenue dans l'horizon A, et polyédrique en (B). La porosité est bonne dans tout le profil.
- Le profil ne contient pas de concrétions et ne montre pas de taches, mais on observe fréquemment dans la partie supérieure de l'horizon d'altération à structure conservée, le long d'anciennes diaclases, des infiltrations et des dépôts pelliculaires d'hydroxydes de fer et de manganèse.
- La roche-mère est grise à texture très fine, indéterminable à l'oeil nu, c'est une grauwacke : elle ne contient pas de carbonates.

L'échantillonnage a été fait à 6 m de profondeur dans la zone entièrement altérée à structure conservée.

## II - DÉTERMINATIONS ANALYTIQUES

1) GRANULOMÉTRIE : la texture réelle de l'horizon isovolume est argileuse et montre 48 % d'éléments inférieurs à 2  $\mu$  et 23 % de limon.

2) *ACIDITE* : le pH dans l'horizon d'altération à structure conservée est de 5.6.

3) *DENSITE APPARENTE* : l'échantillon analysé à structure conservée, entièrement altéré, présente une densité apparente de 1,2. La densité de la roche-mère est de 2,70.

4) *NATURE MINÉRALOGIQUE DE LA FRACTION ARGILEUSE\** : le minéral argileux dominant est l'halloysite, bien caractérisé par son pic à 10 Å qui passe au glycérol à 11 Å, et qui se rabat à 7.2 Å au chauffage d'une heure à 70°C.

L'halloysite est associée à la métahalloysite ainsi qu'à une petite quantité de montmorillonite. On note également du quartz et de la goéthite.

Les diffractogrammes de la poudre inférieure à 40  $\mu$  ne montrent aucune trace de gibbsite, pas d'hématite et pas de minéraux primaires altérables autres que le quartz.

### III – EXTRACTION DU CARBONE

Près de 5 kg d'échantillon isovolume entièrement altéré ont été traités. L'échantillon séché à l'air a été coupé en petits blocs de quelques cm<sup>3</sup>. Seuls les morceaux rigoureusement à structure conservée ont été choisis et traités.

#### *TRAITEMENT*

Les morceaux sélectionnés ont été broyés et passés au tamis à trous de 200  $\mu$ , puis traités à deux reprises à l'eau oxygénée à 130 volumes. Après élimination de l'eau oxygénée résiduelle, et séchage à 120°C, l'échantillon broyé a été dégazé puis calciné en tube de quartz en courant d'oxygène pur, à température supérieure à 800°C.

Le gaz carbonique obtenu a été transformé en carbonate de baryum, après purification.

Nous avons recueilli de cette façon l'équivalent en carbonate de baryum de 1.5 g de carbone.

### IV – DATATION

Après re-transformation du carbonate de baryum en gaz carbonique, le rapport isotopique <sup>14</sup>C/<sup>12</sup>C du carbone a été déterminé par un compteur proportionnel à CO<sub>2</sub>.

L'âge obtenu à partir du rapport <sup>14</sup>C/<sup>12</sup>C est de 3550 ± 150 ans B.P. (  $\delta$  <sup>14</sup>C = [ - 36 ± 1 ] % ).

### CONCLUSIONS

Depuis longtemps, les pédologues savent que les méthodes classiques de dosage du carbone dans les sols (méthode Anne et Walkley - Black) montrent, pour les horizons de teintes claires isovolumes profonds des sols ferrallitiques, des taux de 1 à 3‰ de « matière organique ». L'interprétation variait selon les auteurs :

- Les uns considéraient qu'il s'agissait effectivement de composés organiques de teintes claires, migrant jusqu'à la base des profils d'altération.
- Les autres pensaient qu'il ne s'agissait pas du tout de matières organiques, mais que la réduction du bichromate de potassium, dans les méthodes citées, était provoquée, pour ces échantillons, par du fer ferreux

\* Les minéraux argileux ont été définis d'après les critères de CAILLÈRE et HÉNIN, 1963 ; MILLOT, 1964 et BRINDLEY et al., 1966.

qu'on interprétait ainsi, à tort, sous forme de carbone.

Il se dégage de l'étude que nous venons de faire :

- 1) que les horizons d'altération profonds contiennent effectivement du « carbone » ;
- 2) que ce carbone se trouve dans une structure, ou sous une forme très résistante à l'action de l'eau oxygénée concentrée ;
- 3) que l'âge de ce carbone est jeune, en comparaison avec l'âge présumé (60 000 à 120 000 ans) de l'horizon étudié (LENEUF, 1959 ; TARDY, 1969 ; SIEFFERMANN, 1969).

Deux hypothèses sont possibles pour expliquer l'origine et la forme sous laquelle existe ce carbone :

La première consiste à penser qu'il s'agit de composés organiques provenant des horizons supérieurs du sol. Cette hypothèse peut difficilement être retenue, car deux constatations la rendent peu plausible :

- Les composés organiques qui migrent facilement sont aussi ceux qui sont facilement détruits à l'eau oxygénée, et on comprend mal qu'ils aient pu résister à 36 heures de traitement à l'eau oxygénée à 130 volumes.
- Dans la partie supérieure des profils ferrallitiques, entre 50 cm et 1 m, l'âge  $^{14}\text{C}$  des composés organiques (LÔBO, 1972) est déjà supérieur à l'âge  $^{14}\text{C}$  que nous trouvons ici à 6 m de profondeur ; et on sait que les horizons supérieurs ont, généralement, toujours un âge  $^{14}\text{C}$  plus jeune que les horizons profonds (GERASIMOV, 1971).

La seconde hypothèse consiste à penser qu'il s'agit de composés organiques difficilement destructibles à l'eau oxygénée provenant de bactéries autotrophes (silicobactéries, ferrobactéries, sulfobactéries, etc.) ayant vécu ou vivant encore sur place.

Les connaissances actuelles du comportement physico-chimique du carbone ne permettent pas d'avancer une autre explication : en particulier pas celle de la substitution du silicium par du carbone dans le réseau cristallin des minéraux argileux.

Dans l'état actuel de l'avancement des travaux, aucune position définitive en faveur de l'une ou de l'autre de ces hypothèses ne peut être prise.

*Manuscrit reçu le 3 avril 1973*

#### **BIBLIOGRAPHIE**

- AFONSO F.M.A. et BARROCO H.E. (1970) — *CEPLAC Bol. Tec.*, 99 p.
- BRINDLEY G.W. et DE SOUZA SANTOS P. (1966) — *Intern. Clay Conf.*, Jerusalem, 1, p. 3 - 11.
- CAILLÈRE S. et HÉNIN S. (1963) — *Minéralogie des argiles* — Masson et Cie, Ed., Paris, 355 p.
- CAMARGO N.N. *et al.* (1964) — *CEPEC Bol. Tec.*
- GERASIMOV I.P. (1971) — *Paleopedology* — Israel University Press, p. 15 - 29.
- LENEUF N. (1959) — Thèse Sci. Paris, ORSTOM, 210 p.
- LÔBO P.F.S. (1972) — Thèse UFBa Salvador Bahia, 62 p.
- MILLOT G. (1964) — *Géologie des argiles* — Masson et Cie, Ed., Paris, 499 p.

- MIRANDA E.R. *et al.* (1971) – *CEPLAC Bol. Tec.*, 7, 28 p.  
MONIZ A.C. *et al.* (1972) – *XXVIe Congr. Bras. Geol.*, Bélém. 10 p.  
OLIVEIRA J.J. (1972) – *XXVIe Congr. Bras. Geol.*, Bélém, 6 p.  
SIEFFERMANN G. (1969) – Thèse Sci., Strasbourg et *Mém. ORSTOM* (sous presse).  
SILVA L.F. et MELO A.A.O. (1970) – *CEPLAC Bol. Tec.*, 1, 90 p.  
TARDY Y. (1969) – Thèse Sci., Strasbourg, et *Mém. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 31, 190 p.

