

INSTITUT DE PHYSIQUE  
UNIVERSITE FEDERALE DE BAHIA  
LABORATOIRE DE GEOPHYSIQUE NUCLEAIRE  
SALVADOR (BAHIA) - BRESIL

TENTATIVE D'EVALUATION A PARTIR DE MESURES PAR LE RADIOCARBONE, DU  
REMANIEMENT BIOLOGIQUE DE SURFACE D'UN SOL FORESTIER TROPICAL

P.F.S. Lôbo\*, J.-M. Flexor\*, J.-L. Rapaire\*\* et G. Siefferman\*\*\*

Présenté au 24<sup>ème</sup> Congrès de la Société Brésilienne pour le Progrès

43

## Introduction

Lors d'une tentative de l'étude du cycle du carbone dans "l'humus" il est apparu que certains processus, apparemment simples, peuvent être abordés à partir de mesures d'activité spécifique ( $\mu\text{C}/\text{OC}$ ) des fractions organiques.

C'est en particulier le cas pour l'estimation de la quantité de matière remontée à la surface du sol, sous forme de déjections, par les "Lembriidae". Ce mécanisme qui produit une meilleure aération du sol et, sous certaines conditions, un enrichissement en éléments minéraux et matière organique du niveau A<sub>0</sub> a des effets bénéfiques sur la fertilité.

Un indicateur de l'action de la faune et la présence, à la superficie, de déjections de Lembriidae généralement de forme conique

de forme conique pouvant atteindre 5 cm de hauteur et 3 cm de diamètre à la base, composées d'agglomérats sphériques de 0,5 à 1 cm<sup>3</sup> de volume.

Ces rejets dissous par la pluie se mélangent intimement à la litière. Tout se passe comme si la superficie du sol est sujette à un enfouissement apparent dans la zone d'action des vers de terre.

Cette "vitesse d'enfoncement virtuel" peut être estimée par diverses méthodes: recouvrement d'un galet, d'une grille métallique ou plastique, numération des galeries superficielles, comptage de déjections, etc. Ce travail montre comment il est possible d'obtenir les mêmes résultats par la mesure de l'activité spécifique du carbone organique de la litière et de l'horizon A<sub>0</sub>.

## II - SOL ETUDIÉ. CARACTERISTIQUES.

Des sols de coloration gris-jaune, d'une dizaine de mètres ou plus d'épaisseur, dérivés de matériaux de transport, se rencontrent sur tout le plateau de Camaçari ( 12°32'S 32°42'W), entre Santo Amaro da Purificação et Cachoeira (Bahia), où ils forment une superficie relativement horizontale à une altitude moyenne de 180 m. Ces sols ont été étudiés et décrits du point de vue minéralogique par LUZ CONCEIÇÃO (1970).

Le climat de cette région est tropical de basse altitude, avec une pluviosité de 1600 mm bien répartie durant l'année. La température annuelle moyenne est 28°C.

Le profil étudié peut être observé à 3 km de la plantation OPALMA, sur la route nationale BR 101, sous végétation forestière. Aucune érosion superficielle n'est visible. L'activité des vers de terre est assez intense et des termitières arboricoles apparaissent fréquemment. À la superficie du sol s'observe une li-

tière formée d'une couche de 3 cm d'épaisseur de feuilles en voie de décomposition suivie d'un matelas de 2 à 3 cm d'épaisseur composé de racines et radicelles traçantes. Le profil n'a été échantillonné que jusqu'à 1 m de profondeur (0 - 10, 10 - 20, 20 - 40; 40 - 65, 65 - 100 cm). Les caractéristiques de cette partie du sol sont les suivantes:

- La coloration passe progressivement du haut vers le bas, du gris-noir très foncé au gris clair.
- Le sol est humifié sur toute l'épaisseur considérée; les 15 premiers centimètres sont riches en racines, elles se raréfient progressivement en profondeur.
- La structure est fragmentaire, de type polyédrique dans la partie étudiée du profil. Elle présente une légère tendance grumeleuse dans les 10 premiers centimètres.
- Il n'existe ni concrétions ni galets de grandes dimensions.
- La porosité diminue très lentement <sup>du haut</sup> ~~vers~~ vers le bas.

Caractéristiques analytiques:

гравимъ

кхргрвгвмъкхзэккръзг

Granulométrie: la texture sablo-argileuse (23%) en surface devient très progressivement argilo-sableuse (37%) à 1 m de profondeur.

Matière organique: le taux de matière organique diminue de haut en bas: 6% en surface, 3% à 40 cm de profondeur et encore près de 1,5% à 80 cm.

Le rapport C/N assez élevé, varie de 11 à 13. Il augmente d'environ 2 unités à 30 cm puis diminue jusqu'à une valeur équivalente à celle de surface, vers 60 cm de profondeur.

La détermination des composés humiques a été faite par la

méthode DABIN (1971). Les résultats obtenus pour les différentes fractions organiques des horizons 0 - 10 et 65 - 100 cm sont présentés tableau I.

TABLEAU I

Horizon (cm)	ac. fulviques libres (C%)	ac. humiques $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ (C%)	ac. fulv. liés (C%)	ac. humiques NaOH (C%)	ac. fulv. liés (C%)	humine (C%)
0 - 10	0,55	1,04	0,15	0,21	0,03	=1,58
65 - 100	0,13	0,10	0,10	0,04	0,04	0,38

Le pH augmente régulièrement de la superficie jusqu'à 1 m de profondeur, en passant de 4 à 5.

La capacité d'échange de la terre fine (<2mm) passe de 19 meq% en surface à 7,5 meq% vers 1 m de profondeur.

La somme des bases échangeables est très faible: 1,4 meq% en superficie, moins de 0,5 meq% à 1 m de profondeur. Il en résulte des taux de saturation très faibles. Il s'agit donc d'un sol chimiquement très pauvre.

Étude des minéraux argileux. Les cinq niveaux du profil ont été étudiés par diffractométrie de rayons-X (diagrammes de poudre et de lame orientée). Les résultats ne présentent pas de variations en fonction de la profondeur. Ceux obtenus pour l'horizon 20 - 40 cm sont présentés fig. 1.

Ces diagrammes montrent:

- de la kaolinite désordonnée suivant l'axe b,
- du quartz,
- des traces de goethite,
- des traces d'illites plus ou moins dégradées, mises en évi-

dence par l'apparition d'une bosse à 10 Å au chauffage.

XXXXXXXXXX

FIGURE 1.

*Ratio C<sup>14</sup>*  
III - ACTIVITE SPECIFIQUE DES FRACTIONS ORGANIQUES.

*La ratio* La mesure de l'activité spécifique des fractions organiques *de carbone* a été effectuée selon une technique décrite antérieurement (FLEXOR ET AL, 1971). Les résultats *pour* ~~sur~~ l'horizon de surface sont présentés tableau II.

(0 à 10 cm)

TABEAU II

activité spécifique	acides fulviques	acides humiques	humine
$\delta^{14}C(\%)$	$8 \pm 1$	$9 \pm 1$	$16 \pm 1$

TABLEAU II

activité spécifique	acides fulviques	acides humiques	humine
$\delta^{14}\text{C}(\%)$ *	8 ± 1	9 ± 1	16 ± 1

\* 
$$\delta^{14}\text{C}(\%) = \frac{(^{14}\text{C}/^{12}\text{C})_e - (^{14}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{NBS}}}{(^{14}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{NBS}}} \cdot 100$$

avec e = échantillon et NBS = référence du National Bureau of Standards (1950).

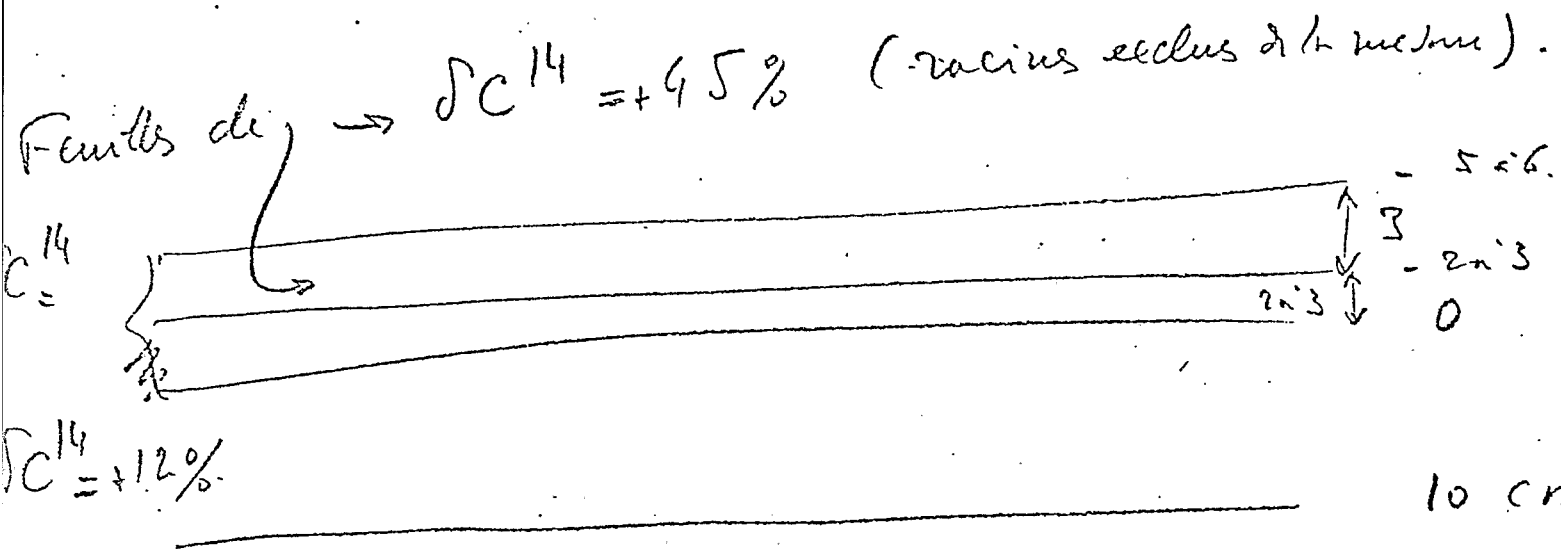
IV - ACTIVITE SPECIFIQUE DE LA LITIERE. INTERPRETATION DES RESULTATS.

NAKHLA (1968) a montré que l'activité spécifique des végétaux de l'année est égale à celle du CO<sub>2</sub> atmosphérique et suit donc ses variations dues aux essais thermonucléaires. Les valeurs données par VOGEL (1971) permettent de déduire l'activité spécifique du CO<sub>2</sub> de l'air pour une latitude de 13°S (Bahia), soit:  $\delta^{14}\text{C}(\%) = 59, 58, 56$  et  $55$ , respectivement de 1968 à 1971. *pour la période*

En estimant la durée de vie moyenne d'une feuille à un an et le temps maximum nécessaire à sa décomposition à 4 ans (DUCHAUFOR, 1971) la litière de 1971 devrait présenter une activité moyenne  $\delta^{14}\text{C} = 56\%$ .

Son activité mesurée est  $\delta^{14}\text{C} = (45 \pm 1)\%$  ce qui correspondrait à un temps de décomposition de 20 ans (FLEXOR ET AL, 1971), valeur peu probable. Le  $\delta^{14}\text{C}$  trouvé fait penser à une "contamination" par du carbone moins actif provenant de l'horizon supérieur, transféré à la litière par un remaniement biologique dû principalement aux lumbricidae. [ Cette hypothèse s'appuie sur le fait que, suivant BACHELIER (1963), l'action des vers de terre est plus intense dans les couches superficielles que profondes dans les régions chaudes où la pluviosité est bien répartie tout au long de l'année, ce qui est le cas ici.

Y  
A →



(1963)  
 Bachelus a montré que dans les sols  
 constamment humides, comme c'est le cas ici,  
 les vers de terre ~~absent~~ <sup>constamment</sup> ~~présent~~ <sup>présent</sup> dans le sol de 0 à 10  
 (90% de sa nourriture) dans le sol de 0 à 10  
 nous supposons donc que la nourriture  
 consommée par les vers de terre du sol étudié a  
 un  $\delta C^{14} = +12\%$ .



Les valeurs données tableau II permettent d'exprimer  
 $\delta^{14}\text{C} = 12\%$  l'activité spécifique de l'horizon 0 - 10 cm  
 les fractions étudiées représentent 93% du carbone total.

Le taux de "contamination" du carbone de la litière  
 est donné par l'équation

$$A = (1 - x)A_1 + xA_2$$

avec

- $A$  : activité spécifique de la litière,  
 $A_1$  : activité spécifique théorique de la litière  
 de décomposition  $\leq 4$  ans ),  
 $A_2$  : activité spécifique de l'horizon 0 - 10 cm  
 $x$  :  $\frac{\%}{\text{total}}$  de carbone transféré annuellement de l'horizon  
 0 - 10 cm à la litière.

Le poids de la litière est  $350 \text{ g.m}^{-2}$ , ~~ou~~ la  
 carbone correspondante,  $160 \text{ g.m}^{-2}$ . Le taux calculé de  
 annuel du carbone de l'horizon 0 - 10 cm à la litière  
 en poids,  $40 \text{ g.m}^{-2}$ . Cela correspond à un poids de terre  
 $\text{g.m}^{-2}.\text{an}^{-1}$ .

Dans les sols non cultivés tels que jachères, etc.  
 si que dans certains sols forestiers, il a été vérifié  
 biologique peut déterminer une stratification de l'horizon  
 inférieur qui provoque un enfouissement progressif de galets  
 cailloux (BACHELIER, 1963).

En supposant pour le sol étudié une densité 1.

$$\left\{ \begin{array}{l} x \times 1,12 + y \times 1,56 = 160 \cdot 1,45 \\ x + y = 160 \end{array} \right.$$

$$x = 160 - y$$

$$(160 - y) \cdot 1,12 + y \cdot 1,56 = 160 \cdot 1,45$$

$$\cancel{160 \cdot 1,12} + y \cdot \frac{(1,56 - 1,12)}{0,44} = 160 \cdot \frac{1,45 - 1,12}{0,44}$$

$$y = \frac{53}{0,44} = 120$$

$$x = 160 - 120 = 40$$

- 40 g (Carbone de ~~terre~~ terre)
- 120 g (carbone de feuille)
- 160 g (carbone de "litière")

D'autre part, 160g de carbone pour 350g de litière  
 ça me semble beaucoup trop -

L'erreur sur la représentativité de l'activité spécifique du CO<sub>2</sub> atmosphérique et du carbone des fractions organiques est estimée à  $\delta^{14}C = 1\%$ .

On suppose  $\delta^{14}C = 2\%$  la plage de reproductibilité, fonction de l'échantillonnage, pour l'activité spécifique de la litière.

Dans ces conditions, l'erreur sur les résultats précédents serait 10%.

*Importance L'apport*

La valeur pour le taux annuel de terre transportée, exprimé en vitesse  $(0,9 \pm 0,1)mm.an^{-1}$ , semble compatible avec les résultats obtenus par divers auteurs, qui varient de 0,2 à 7 mm.an<sup>-1</sup> suivant les sols ( zones tropicales et tempérées) (BACHELIER, 193). Elle se situe dans la partie inférieure de cette fourchette. Ceci peut s'expliquer en remarquant que dans un sol sablo-argileux bien drainé, sujet à une pluviosité bien répartie ~~pendant~~ <sup>durant</sup> l'année le transfert de matériel vers la surface est réduit par la nécessité de reconsolidation constante des galeries par les vers de terre.

V - CONCLUSIONS.

Ce travail montre que la technique du radiocarbone permet, tout au moins pour des sols forestiers, avec seulement deux mesures: activité spécifique de la litière et de l'horizon A<sub>0</sub>, d'obtenir une estimation de l'importance du remaniement biologique qui peut demander un minimum d'un an d'études avec certaines méthodes classiques.

Le transport de terre en surface est mis en évidence, en l'absence de témoins visibles ( galets, cailloux), ce qui est le cas dans le sol étudié.

Cette méthode peut aussi être utilisée pour des études de fertilité et éventuellement pour confirmer des hypothèses sur l'origine biologique des " stone lines".

Son utilisation par des archéologues permettra, probablement

une estimative <sup>on de</sup> sur la profondeur de l'enfouissement d'objets dû à l'activité biologique, dont on doit tenir compte lors de l'interprétation stratigraphique des fouilles.

REMERCIEMENTS. Les auteurs remercient <sup>le</sup> au " FUNDO PARA CIENCIA E TECNOLOGIA DO MINISTERIO DO PLANEJAMENTO" <sup>reunions à</sup> (- Fonds pour la Science et la Technologie du Ministère du Plan du Gouvernement Brésilien), à l'UNESCO, <sup>à</sup> au CNPq ( Conseil National de la Recherche), à la CAPES ( Commission de Perfectionnement du Personnel de Niveau Supérieur) et à la CNEN ( Commission Nationale pour l'Energie Nucléaire), qui ont fourni les moyens <sup>reunions à</sup> pour la réalisation de recherches au " Laboratório de Geofísica Nuclear " de l'Institut de Physique de l'Université Fédérale de Bahia.

BIBLIOGRAPHIE

BACHELIER, G. - 1963 - La vie animale dans les sols. Cah. Péd. O.R.S.T.O.M., 279p.

DABIN, B. - 1971 - Étude d'une méthode d'extraction de la matière humique du sol. "Science du Sol" 1, Suppl. Ass. Fr. Et-Sol. p 47-63.

DUCHAUFOUR, Ph. - 1971 -

FLEXOR, J.-M., LÔBO, P.F.S. ET J.-L. RAPAIRE - 1971 - Estudo da evolução da matéria orgânica do solo, utilizando o carbono-14 produzido nos ensaios termonucleares atmosféricos. (Rev. Bras. Geol. vol 2, nº4, sous-presse)

NAKHLA, S.M. - 1968 - Étude du comportement du carbone organique dans le sol et étude des podzols à l'aide du carbone-14. Thèse Doct.-ès.Sci., Paris.

LUZ CONCEIÇÃO, T. - 1971 - D.E A. Institut de Géologie, Univ. de Strasbourg.

VOGEL, J.C. - 1971 - Radiocarbon in nature. South Afr. Jl. Sci.

