

# Étude par le traçage naturel en $^{13}\text{C}$ de la dynamique du renouvellement des matières organiques des sols de savane après plantation de pins et d'*Eucalyptus* au Congo

Claire TROUVÉ (1), André MARIOTTI (2), Dominique SCHWARTZ (3), Bernard GUILLET (1)

(1) Laboratoire de géochimie organique - URA CNRS 724, BP 6759, 45067 Orléans (France). (2) Université P. et M. Curie, INRA, Laboratoire de biogéochimie isotopique, case 120, 4 place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05. (3) Orstom, BP 1286, Pointe-Noire (Congo).

## RÉSUMÉ

Au Congo, près de Pointe-Noire, des *Eucalyptus* et des pins sont plantés depuis 30 ans pour satisfaire des objectifs économiques agro-industriels. La composition isotopique du carbone organique a été utilisée comme moyen d'étude du renouvellement de la matière organique du sol. Les rapports  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  ont été déterminés sur la matière organique de l'horizon de surface (0-5 cm) dans quelques plantations et dans une parcelle de référence de savane. Les changements du  $\delta^{13}\text{C}$  ont permis de mettre en évidence la diminution du carbone organique hérité de la savane et l'augmentation de la part attribuée aux apports des arbres. La matière organique primitive disparaîtrait notablement, puisque au bout de 13 années de plantation, 50 % du carbone issu de la savane aurait disparu. L'impact forestier dans les sols tendra encore à augmenter au-delà de la période observée, prouvant ainsi que le profil organique n'est pas arrivé à un état d'équilibre.

MOTS CLÉS : Sols ferrallitiques –  $^{13}\text{C}$  – Matière organique du sol – *Eucalyptus* – Pins.

## ABSTRACT

DYNAMICS OF ORGANIC MATTER TURNOVER IN SOILS OF SAVANNAS AFTER PLANTING OF *EUCALYPTUS* AND PINES (CONGO) STUDIED BY  $^{13}\text{C}$  NATURAL ABUNDANCE MEASUREMENTS

In Congo, near Pointe-Noire, *Eucalyptus* and pines have been planted for 30 years to satisfy agro-industrial economic planification objectives. Organic carbon isotope composition can be used as a mean for soil organic matter turnover studies.  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  ratios were determined on organic matter of the top soil (0-5 cm) in *Eucalyptus* and pine experimental stands and in a referenced plot (savanna).  $\delta^{13}\text{C}$  changes reveal the decrease and the increase of the parts of organic carbon derived respectively from savanna and trees. The turnover of the soil organic matter is not different between pine and *Eucalyptus* stands. By this ecosystem change, the low value of the retention time (13 yrs) of organic matter derived from savanna indicates a rapid turnover of the soil organic matter in tropical soils. It is likely that after 28 years, the forest ecosystem has not yet reached a steady-state equilibrium.

KEY WORDS: Ferrallitic soils –  $^{13}\text{C}$  – Soil organic matter – *Eucalyptus* – Pines.

## INTRODUCTION

Depuis une trentaine d'années, des peuplements d'araucarias, d'*Eucalyptus* et de pins sont introduits massivement sur la savane côtière de Pointe-Noire, au Congo (fig. 1). Les premiers essais du Centre technique de la forêt tropicale (CTFT) ont d'abord

concerné des espèces autochtones (limba, fromager, parasolier...) mais sans succès. Face à cet échec, des espèces exotiques comme l'*Eucalyptus* et le pin tropical furent plantées. En relais aux recherches menées par le CTFT de Pointe-Noire, un vaste programme de boisement a été mis sur

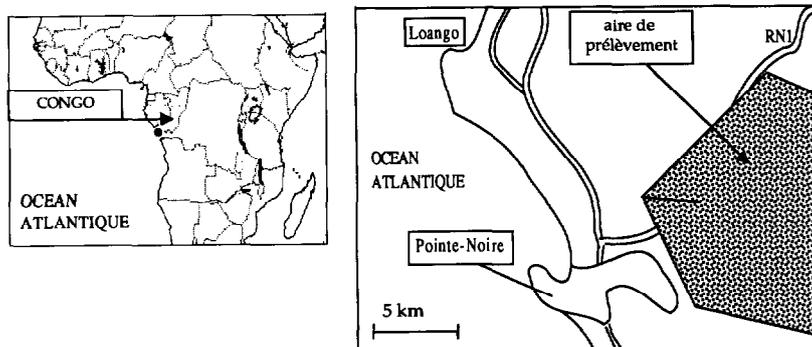


FIG. 1. – Localisation des plantations de pins et d'*Eucalyptus* exploitées par le CTFT près de Pointe-Noire (Congo).  
Location of tree plantation stands of *Eucalyptus* and *Pinus* managed by the CTFT on the coastal area of Pointe-Noire in Congo.

pied par l'Unité d'afforestation industrielle du Congo (UAIC). Déjà 50 000 ha d'*Eucalyptus* ont été plantés à des fins industrielles.

Ce mode d'introduction échelonné dans le temps constitue une opportunité pour étudier la dynamique de la matière organique des sols au moyen du traçage naturel  $^{13}\text{C}$ . En effet, d'un côté, nous avons la savane dont les graminées qui la constituent ont un cycle de photosynthèse en  $\text{C}_4$ , et de l'autre côté, les arbres de peuplement qui ont un cycle de photosynthèse en  $\text{C}_3$ . Du fait de la différence de composition isotopique entre les deux types de végétation, la matière organique du sol portera en surface la marque de ce changement. On a alors un véritable marquage naturel, aisément identifiable dans les matières organiques de ces sols, permettant ainsi l'étude du renouvellement du stock organique (CERRI *et al.*, 1985 ; VITORELLO *et al.*, 1982 ; ANDREUX *et al.*, 1990 ; MARIOTTI et BALESSENT, 1990). Pour étudier le renouvellement des matières organiques dans les sols de savane aménagés en plantations, deux sortes d'échantillonnages ont été programmés ; l'un en surface, l'autre vers la profondeur des profils. On se propose ainsi d'évaluer la vitesse de disparition de la matière organique originaire de la savane et la vitesse d'introduction du carbone venant des arbres.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Milieu naturel

La plaine côtière allant de Pointe-Noire à la chaîne de roches cristallines du Mayombe est constituée par des épandages quaternaires de sable fin légèrement argileux en profondeur d'âge plio-

pléistocène, appelés la « série des cirques » (DADET, 1969). Les sols se sont développés dans des matériaux meubles, sablo-argileux qui constituent le niveau supérieur de la série des cirques dont l'épaisseur varie de 5 à 15 m. Ces sols sont qualifiés de sols « ferrallitiques psammitiques fortement désaturés » (JAMET et RIEFFEL, 1976) ou de « ferrallitico arenosols » d'après la classification FAO (FAO, 1975).

Les teneurs en matière organique en surface sont en général faibles (moins de 20 mg/g). Sous la savane, la matière organique provient essentiellement de la décomposition du système racinaire des herbacées tandis que sous la forêt les apports viennent de la décomposition de la litière (JAMET et RIEFFEL, 1976). Ce sont des sols à texture sableuse, le taux d'argile ne dépassant pas 7 %. Dans l'horizon supérieur, le C/N de la matière organique est compris entre 10 et 14 et le pH est de 5 en savane, légèrement inférieur à 5 en forêt. La capacité d'échange est très faible : inférieure à 5 meq/100 g en surface.

### Situations étudiées

Les prélèvements de sol ont été effectués sur des parcelles situées à environ 15 km de Pointe-Noire sur le plateau dominant la plaine côtière et à l'intérieur du périmètre des plantations expérimentales du CTFT (fig. 1). Cet ensemble constitue une imbrication de parcelles où se côtoient les différentes espèces avec différentes années de plantation. Les surfaces de ces parcelles sont variables et les arbres sont en général plantés selon un maillage de 2,5 m x 4,5 m. Ces parcelles ont subi un ou deux labours et un apport d'engrais (N, P, K) au cours des deux premières années de plantation.

Les clones d'*Eucalyptus* développés sur ces parcelles ont une croissance exceptionnelle. Les arbres acquièrent 30 m de hauteur en 6 ans. L'espèce d'*Eucalyptus* choisie pour l'étude est un hybride nommé PF1, qui résulte du croisement entre *E. Urophylla* et *E. ABL-Saligna*. Cet hybride a été régulièrement planté depuis 1969. Pour le pin, nous avons choisi *Pinus caribaea*, l'espèce la plus régulièrement plantée.

### Échantillonnage

#### PRÉLÈVEMENTS DES HORIZONS DE SURFACE

Devant la variabilité spatiale des constituants et des propriétés des sols, propre à toute couverture pédologique, le problème de l'échantillonnage s'est posé d'emblée. Pour tenir compte de l'hétérogénéité spatiale des teneurs en carbone organique et pour en tirer les conséquences sur la conduite à tenir pour réaliser un échantillonnage optimisé, nous avons procédé en deux temps. En janvier 1989, nous avons prélevé 10 échantillons dans une parcelle de la savane originelle qui est la parcelle de référence et dans trois parcelles d'*Eucalyptus* âgées de 5, 10 et 15 ans. Ces prélèvements ont été faits suivant une ligne droite qui recoupe l'alignement des arbres, en prélevant un échantillon de sol tous les mètres dans l'horizon de surface (0–5 cm). Un échantillon est la somme de deux prélèvements élémentaires contigus effectués avec un cylindre métallique de 5 cm de hauteur et d'une contenance de 50 ml. Le carbone organique et le  $\delta^{13}\text{C}$  furent déterminés sur les échantillons séchés et broyés.

Vu le faible nombre d'échantillons, des tests statistiques non paramétriques furent appliqués pour comparer les taux de carbone organique et les valeurs  $\delta^{13}\text{C}$  entre les différentes parcelles. Pour la comparaison des distributions, nous avons utilisé le test de Kolmogorov-Smirnov (SCHERRER, 1984). Par le test t de Student et le calcul des intervalles de confiance, nous avons comparé les moyennes. Ces tests n'ont pas pu différencier les parcelles de 5 et de 10 ans (fig. 2). Il est aussi apparu que 10 répétitions par parcelle étaient insuffisantes pour estimer au risque de  $\alpha = 0,05$  des différences de 5 % sur les teneurs en carbone organique et de  $\pm 0,3 \delta$  sur celles du  $\delta^{13}\text{C}$ .

À partir du test t, nous avons alors été amenés à déterminer le nombre d'échantillons qu'il était nécessaire de prélever pour obtenir une précision recherchée avec une probabilité de 0,95. L'application du calcul (SCHERRER, 1984) pour les valeurs du carbone organique et du  $\delta^{13}\text{C}$  donne un

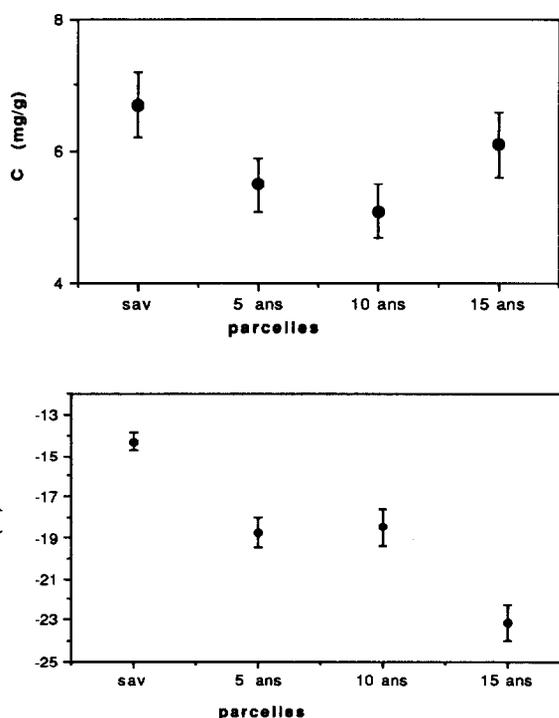


FIG. 2. – Carbone organique,  $\delta^{13}\text{C}$  et intervalles de confiance dans des parcelles d'*Eucalyptus* prélevées lors de l'échantillonnage préliminaire.  
Organic carbon content,  $\delta^{13}\text{C}$  and confidence intervals in *Eucalyptus* stands sampled during the preliminary sampling campaign.

nombre de 25 échantillons qu'il convient de prélever par parcelle.

Ainsi, pendant la seconde campagne d'échantillonnage qui s'est tenue en mars 1990, 25 échantillons furent prélevés dans la parcelle de savane, dans 4 parcelles d'*Eucalyptus* et dans 4 parcelles de pins. Pour chacune d'elles, les échantillons ont été séchés à l'air et mélangés pour obtenir un échantillon moyen représentatif de la parcelle.

#### PRÉLÈVEMENTS DES HORIZONS DES PROFILS

Lors de la campagne de mars 1990, on a creusé 3 fosses de 60–70 cm de profondeur dans une parcelle de savane, une sous les *Eucalyptus* et une sous les pins dans des parcelles synchrones âgées de près de 20 ans (respectivement 18 et 19 ans). L'incorporation de matière organique s'observe principalement dans les 20 premiers centimètres. Les échantillons ont été prélevés tous les 10 cm au moyen d'un cylindre métallique ( $h = 5$  cm et  $\varnothing = 3$  cm) de 50 ml, l'opération ayant été répétée 4 fois par niveau de profondeur.

## Analyses

Les teneurs en carbone organique ont été déterminées par mesure de la variation de conductivité après combustion sous atmosphère d'O<sub>2</sub> (Carmograph Wöstoff).

L'abondance naturelle en <sup>13</sup>C dans les échantillons a été déterminée après combustion totale à 850 °C du carbone organique, par analyse des isotopes du carbone du CO<sub>2</sub> au spectromètre de masse (Laboratoire de biogéochimie isotopique) ; (GIRARDIN et MARIOTTI, ce *Cahier*). Les résultats sont exprimés en unité δ par rapport au standard international PDB.

$$\delta^{13}\text{C} = \left( \frac{\text{R. échantillon}}{\text{R. standard}} - 1 \right) \cdot 1\,000 \quad [1]$$

$$\text{où R} = {}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C} \quad [2]$$

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

### Dynamique globale de la matière organique dans les horizons de surface (0-5 cm) des plantations

#### VARIATION DES TENEURS EN CARBONE ORGANIQUE ET DE LA COMPOSITION ISOTOPIQUE

Les valeurs du tableau I ne permettent pas de déceler des variations incontestablement significatives avec l'âge des plantations. Tout au plus peut-on observer des teneurs légèrement supérieures à celles de la savane dans les plantations les plus âgées.

Quant aux valeurs du <sup>δ</sup><sup>13</sup>C, il est clair qu'elles décroissent de manière significative avec l'âge de la plantation quelle que soit l'essence forestière considérée. Cela témoigne donc d'une incorporation de plus en plus prononcée de matière organique originaire des arbres.

#### CALCUL DES PARTS RESPECTIVES DE CARBONE ORGANIQUE ATTRIBUABLES À LA SAVANE ET AUX PLANTATIONS FORESTIÈRES

Les parts de carbone organique issu de la savane et de la forêt se calculent directement à partir de la valeur du <sup>δ</sup><sup>13</sup>C (MARIOTTI, ce *Cahier*). Connaissant la composition isotopique des deux « sources », nous pouvons estimer la quantité de carbone organique issu de la savane (Cs) et des arbres (Cf). Le choix de la composition isotopique des « sources » mérite d'être discuté. Pour la valeur de la savane initiale, nous devons nous référer aux caractéristiques isotopiques des matières organiques des sols de savane (δs) qui sont connus par l'analyse des échantillons de sol prélevés sur différents sites. Ainsi, le <sup>δ</sup><sup>13</sup>C de l'échantillon moyen prélevé sur la parcelle de référence située à quelques kilomètres des plantations est égal à -14,4 ‰, alors que l'échantillon ponctuel prélevé au sommet de la fosse livre une valeur de -13,5 ‰ (tabl. II). Cet écart donne une idée de la variabilité spatiale du <sup>δ</sup><sup>13</sup>C dans l'horizon de surface. Sur d'autres sites, près de Pointe-Noire, à Loudima, dans la vallée du Niari et à Brazzaville, des prélèvements de sols ont donné des valeurs allant de -13,1 à -13,9 ‰ (SCHWARTZ *et al.*, 1986 ; SCHWARTZ, ce *Cahier*). La référence « source » de la savane (δs) devrait probablement se situer entre les deux valeurs extrêmes observées dans les sols de savane de la région, à savoir δ = -13,1 ‰ et δ = -14,4 ‰. Nous adopterons pour le calcul la valeur moyenne de -13,7 ‰. Pour les plantations, on prendra comme valeur de référence des apports forestiers celles obtenues par l'analyse des litières, à savoir δf = -29,7 ‰ pour les pins et δf = -30,0 ‰ pour les *Eucalyptus*.

Si Cs et Cf sont respectivement les teneurs en carbone organique (mg/g de sol) issu de la savane

TABLEAU I  
Carbone organique et <sup>δ</sup><sup>13</sup>C des sols sous les plantations de pins et d'*Eucalyptus*  
*Organic carbon content and <sup>δ</sup><sup>13</sup>C in top soils (0-5 cm) of pine and Eucalyptus stands.*  
*Stands of zero age is the reference savanna plot*

PINS			EUCALYPTUS		
Age (an)	C (mg/g)	<sup>δ</sup> <sup>13</sup> C (‰)	Age (an)	C (mg/g)	<sup>δ</sup> <sup>13</sup> C (‰)
0	6,5	-14,4	0	6,5	-14,4
3	6,0	-13,9	3	7,7	-17,1
13	5,7	-20,4	6	7,6	-19,8
18	9,0	-23,1	13	7,3	-22,7
28	6,7	-25,2	19	8,8	-25,1

et des plantations, leur évaluation correspond aux formules suivantes :

$$C_s = \frac{\delta_m - \delta_f}{\delta_s - \delta_f} \cdot C_t \quad [3]$$

$$C_f = C_t - C_s \quad [4]$$

C<sub>t</sub> est la teneur en carbone organique de l'échantillon total ;

δ<sub>m</sub> : δ<sup>13</sup>C de l'échantillon ;

δ<sub>s</sub> : δ<sup>13</sup>C des sols de la savane (avant l'implantation des arbres) = - 13,7 ‰ ;

δ<sub>f</sub> : δ<sup>13</sup>C du sol d'une plantation infiniment vieille en équilibre séculaire.

Comme le montrent les schémas de la figure 3, la matière organique issue de la savane diminue avec l'âge des plantations. Selon toute vraisemblance, la décroissance correspond à des pertes par minéralisation. Ainsi, pour les plantations de 13 ans, il reste 3,30 mg/g de carbone organique sous les pins et 3,26 mg/g sous les *Eucalyptus*. Ces valeurs représentent à peu près la moitié du carbone de la savane originelle (6,5 mgC/g ; tabl. I). Ainsi, si l'on admet une disparition de la matière organique selon une cinétique du premier ordre, on peut considérer que 13 ans correspondent au temps de demi-vie des matières organiques originaires de la savane. Cette valeur stigmatise en elle-même le rapide renouvellement des matières organiques de l'horizon superficiel (0-5 cm) des sols psammiques de la côte ponténégrine. Elle est aussi à rapprocher des résultats obtenus en Côte-d'Ivoire par MARTIN *et al.* (1990) qui démontrent qu'en 16 ans, 52 à 70 % du carbone de la savane initiale a disparu lorsque la savane s'est trouvée protégée des feux et colonisée par une végétation naturelle d'essences forestières. En revanche, dans des agrosystèmes de milieux tempérés, des valeurs beaucoup moins spectaculaires ont été observées par BALESSENT *et al.* (1987) qui notent qu'au bout de 13 ans de culture continue de maïs survenant après du blé, 22 % environ de la matière organique d'origine est minéralisée et renouvelée.

L'incorporation au sol du carbone organique attribué aux arbres en fonction de l'âge des plantations semblerait se produire plus précocement et de manière plus continue sous les *Eucalyptus* que sous les pins (fig. 3). Il est clair que pour les plantations âgées de 18 ans (pins) et 19 ans (*Eucalyptus*), la part de carbone du sol provenant des arbres devient supérieure à celle héritée de la savane initiale. Un aspect particulier nous paraît devoir être présenté. Il s'agit du taux d'apport des

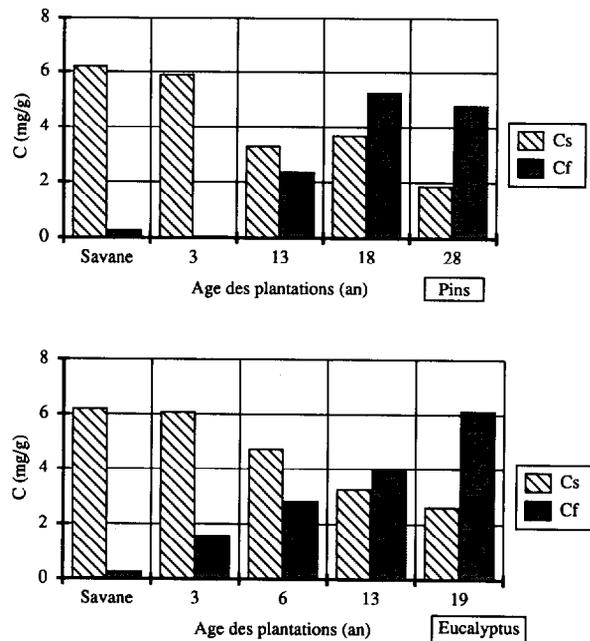


FIG. 3. – Parts du carbone organique de l'horizon de surface des plantations, héritées de la savane initiale (Cs) et provenant des arbres (Cf).

*Parts of organic carbon of the top soils (0-5 cm) of savanna and plantations, inherited from savanna (Cs) and originating from trees (Cf).*

matières organiques qui diffère selon les essences dans les toutes premières années de plantation. En effet, dans les plantations de 3 ans, l'impact des *Eucalyptus* est important mais il est, en revanche, négligeable sous les pins. Dans ce dernier cas, cela s'expliquerait par le faible recouvrement des sols par la litière des jeunes plantations et par la décomposition très lente de cette litière.

En ce qui concerne les *Eucalyptus*, quelques chercheurs ont étudié à la fois la décomposition des litières et l'influence de la croissance des *Eucalyptus* sur les restitutions (ASHTON, 1975 ; BERNHARD-REVERSAT, 1987). O'CONNELL et MENAGE (1982), notamment, ont estimé les flux annuels des restitutions organiques dans les plantations d'*Eucalyptus* d'Australie. Dans les parcelles de 2 ans, les retombées sont essentiellement foliaires et sont estimées à 2 t. ha<sup>-1</sup> par an. Dans les parcelles âgées de 6 ans, les restitutions foliaires sont encore dominantes et sont évaluées à 3,7 t. ha<sup>-1</sup> par an. Dans les parcelles les plus âgées (40 ans), les restitutions totales augmentent encore en raison d'une plus large contribution de branches et d'écorces qui se décomposent plus lentement que

les feuilles (ASHTON, 1975), de sorte que le profil organique du sol n'a pas atteint l'équilibre.

Les expérimentations entreprises par F. BERNHARD-REVERSAT (1988) sur les plantations d'*Eucalyptus* de Pointe-Noire, en vue de mesurer la biomasse et la production de litière des arbres, apportent des informations décisives. Dans les parcelles âgées de 7 ans, les retombées annuelles varient entre 4,3 et 6,2 t. ha<sup>-1</sup> par an suivant les propriétés du sol. Le temps de demi-vie d'une feuille est alors estimé à 6 mois (5 tonnes de retombées en un an contre 2,5 tonnes sur les arbres). Ces résultats soutiennent l'hypothèse d'une incorporation importante de litière foliaire dans le sol pendant les premières années de plantation d'*Eucalyptus*.

### Dynamique de la diffusion du carbone organique dans les profils

Fort logiquement, le carbone organique décroît avec la profondeur pour atteindre environ 2,5 mg/g à 60 cm, qu'il s'agisse du profil sous savane ou de ceux des plantations (tabl. II).

En observant les résultats des échantillons du niveau 0-5 cm des deux plantations, on décèle des écarts avec les échantillons homologues dont les résultats sont présentés sur le tableau I. Il ne faut pas s'en étonner. Ici, il s'agit d'un prélèvement ponctuel réalisé sur la fosse, là-bas, d'un échantillon moyen résultant de la collecte de 25 échantillons ponctuels. Ces écarts permettent de prendre conscience de la difficulté d'assurer une prise d'échantillon « représentative » face à la double variabilité : spatiale, inhérente au terrain, et d'origine humaine, due à la répétabilité du geste du préleveur.

Les valeurs  $\delta^{13}\text{C}$  de la savane portent la marque de la végétation en C<sub>4</sub>. Dans les deux plantations,

les valeurs maximales sont notées au niveau 40-45 cm (-13,5 ‰ sous les pins ; -14,4 ‰ sous les *Eucalyptus*) et elles s'élèvent lorsque l'on tend vers la surface du sol. Il n'est pas douteux qu'en surface (0-5 cm) et au niveau 10-15 cm, des matières organiques venant des arbres sont présentes. Elles sont sans doute encore présentes au niveau 20-25 cm sous *Eucalyptus*. Mais pour juger de l'impact des matières organiques des arbres dans les niveaux plus profonds (20-25 cm sous pins ; 30-35 cm sous *Eucalyptus*) une certaine prudence est de mise, tant les valeurs qui y sont observées s'approchent de celles des matières organiques de la surface du sol des savanes actuelles.

En comparant les valeurs  $\delta^{13}\text{C}$ , il semblerait que l'incorporation se fasse plus intensément et plus profondément sous *Eucalyptus* que sous pins. Toutefois, cela devrait être vérifié par l'analyse d'autres situations. La diffusion des matières organiques des arbres vers la profondeur est assurée par un ensemble de mécanismes biologiques et physico-chimiques parmi lesquels on cite les activités rhizosphériques (exsudation, décomposition de racines), le transport par la mésofaune et les migrations par voie soluble ou particulaire.

À chaque niveau des profils des plantations, les valeurs du carbone organique et du  $\delta^{13}\text{C}$  résultent du mélange d'une part de carbone organique héritée de la savane et d'une autre part venant des arbres. Ces contributions respectives sont représentées sur le tableau III dont les données permettent de calculer un flux moyen annuel d'incorporation de la matière organique des arbres à chaque niveau. À 10 cm, il serait de 0,05 mg de carbone par an sous les pins et de 0,063 mgC/an sous les *Eucalyptus*. À 20 cm, il n'est plus que de 0,011 et 0,016 mgC/an respectivement sous les pins et sous les *Eucalyptus*. Selon ces données, qui mériteraient

TABLEAU II  
Teneur en carbone organique et  $\delta^{13}\text{C}$  des profils pédologiques de la savane et des plantations de pins et *Eucalyptus* âgées respectivement de 18 et 19 ans  
*Organic carbon content and  $\delta^{13}\text{C}$  in soil profiles of savanna and of Pinus and Eucalyptus stands*

Prof (cm)	Savane		Pins 18 ans		<i>Eucalyptus</i> 19 ans	
	C (mg/g)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	C (mg/g)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	C (mg/g)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
0-5	6,6	-13,5	6,5	-21,0	6,8	-23,1
10-15	4,3	-12,9	4,3	-17,1	4,5	-18,0
20-25	3,0	-13,1	3,2	-14,7	3,1	-15,3
30-35	2,8	-13,4	3,2	-14,0	2,6	-14,7
40-45	2,7	-13,5	2,8	-13,5	2,5	-14,4
50-55	2,2	-13,8	2,9	-14,2	2,4	-15,1
60-65	2,0	-16,1	-	-	2,3	-15,5

d'être confirmées et testées au plan de leur significativité, le flux moyen annuel d'incorporation serait plus important sous les *Eucalyptus*. Peut-être est-ce dû à la combinaison des flux de restitutions foliaires et des processus de bioturbation et (ou) de lessivage dans le sol.

TABLEAU III

Parts du carbone organique des horizons des sols héritées de la savane (Cs) et provenant des arbres (Cf).

Cs et Cf sont calculés selon les équations 3 et 4

Parts of organic carbon, inherited from savanna (Cs) and originating from trees (Cf)

Prof (cm)	Plantation de pins (18 ans)		Plantation d' <i>Eucalyptus</i> (19 ans)	
	Cs (mg/g)	Cf (mg/g)	Cs (mg/g)	Cf (mg/g)
0-5	3,5	3,0	2,8	3,9
10-15	3,4	0,9	3,3	1,2
20-25	3,0	0,2	2,8	0,3
30-35	3,1	0,1	2,4	0,2

## CONCLUSION

Les peuplements d'*Eucalyptus* et de pins, introduits à des dates différentes sur la savane ponténégrine, induisent un marquage très sensible dans l'horizon humifère de surface épais de 5 cm. Au

cours des vingt premières années de plantation, la composition isotopique passe des valeurs caractéristiques des plantes en C<sub>4</sub> à celle plus appauvrie en <sup>13</sup>C des milieux nettement forestiers. Malgré une variation importante des taux de carbone organique entre les parcelles, nous avons pu mettre en évidence les processus de renouvellement de la matière organique héritée de la savane par les apports forestiers. Avec le temps, les matières organiques héritées de la savane tendent à disparaître alors que sont introduites dans le sol celles provenant des essences forestières. Le suivi de l'évolution des matières organiques héritées de la savane ne révèle pas de différence significative selon qu'il s'agit des plantations de pins ou d'*Eucalyptus*. Sous les plantations, cette matière organique disparaît rapidement par minéralisation. Dans les plantations de 13 ans et celles de près de 20 ans, il reste ainsi respectivement près de la moitié et près du tiers du carbone organique venant de la savane. Les apports forestiers s'accroissent avec le temps mais témoignent de variabilités interannuelles importantes.

Manuscrit accepté par le Comité de rédaction le 11 décembre 1992.

## BIBLIOGRAPHIE

- ANDREUX (F.), CERRI (C.C.), EDUARDO B. DE (P.), CHONE (T.), 1990. – Humus contents and transformation in native and cultivated soils. *The Science of the Total Environment*, 90 : 249-265.
- ASHTON (D.H.), 1975. – Studies of litter in forests. *Austr. J. Bot.*, 23 : 413-433.
- BALESSENT (J.), MARIOTTI (A.), GUILLET (B.), 1987. – Natural <sup>13</sup>C abundance as a tracer for studies of soil organic matter dynamics. *Soil Biol. Biochem.*, 19 (1) : 25-30.
- BERNHARD-REVERSAT (F.), 1987. – Litter incorporation to soil organic matter in natural and planted tree stands in Senegal. *Pedobiologia*, 30 : 401-417.
- BERNHARD-REVERSAT (F.), 1988. – La production de litière et sa décomposition en plantation d'*Eucalyptus* sur sol sableux (Congo). Rapport Orstom, centre de Pointe-Noire (RPC), 10 p.
- CERRI (C.C.), FELLER (C.), BALESSENT (J.), VICTORIA (R.), PLENECASSAGNE (A.), 1985. – Application du traçage isotopique naturel en <sup>13</sup>C à l'étude de la dynamique de la matière organique dans les sols. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 300, Série II, n° 9 : 423-426.
- DADET (P.), 1969. – Notice explicative de la carte géologique de la république du Congo à 1/500 000. *Mémoire BRGM*, n° 70, 99 p.
- FAO/UNESCO, 1975. – *Carte mondiale des sols*. Volume I, légende, Unesco, Paris, 62 p.
- GIRARDIN (C.), MARIOTTI (A.), 1993. – Analyse isotopique du <sup>13</sup>C en abondance naturelle dans le carbone organique : un système automatique avec robot préparateur. *Cah. Orstom, sér. Pédol.*, vol. XXVI, n° 4, 1991 : 371-380.
- JAMET (R.), RIEFFET (J.M.), 1976. – Notice explicative n° 65. Carte pédologique du Congo. Feuille de Pointe-Noire, feuille de Loubomo à 1/200 000. Paris, Orstom, 167 p. + 2 cartes h.t.
- MARIOTTI (A.), 1993. – Le carbone 13 en abondance naturelle, traceur de la dynamique de la matière organique des sols et de l'évolution des paléoenvironnements continentaux. *Cah. Orstom, sér. Pédol.*, vol. XXVI, n° 4, 1991 : 299-313.

- MARIOTTI (A.), BALESSENT (J.), 1990. –  $^{13}\text{C}$  natural abundance as a tracer of soil organic matter turnover and paleoenvironment dynamics. *Chem. Geol.*, 84 : 217-219.
- MARTIN (A.), MARIOTTI (A.), BALESSENT (J.), LAVELLE (P.), VUATTOUX (R.), 1990. – Estimate of organic matter turnover rate in a savanna soil by  $^{13}\text{C}$  natural abundance measurements. *Soil Biol. Biochem.*, 22 (4) : 517-523.
- O'CONNELL (A.M.), MENAGE (P.M.A.), 1982. – Litter fall and nutrient cycling in Karri (F. Muell) forests in relation to stand age. *Australian J. of Ecology*, 7 : 49-62.
- SCHERRER (B.), 1984. – *Biostatistique*. Gaëtan Morin, Québec, 850 p.
- SCHWARTZ (D.), 1993. – Intérêt de la mesure du  $\delta^{13}\text{C}$  des sols en milieu naturel équatorial pour la connaissance des aspects pédologiques et écologiques des relations savane-forêt. Exemples du Congo. *Cah. Orstom, sér. Pédol.*, vol. XXVI, n° 4, 1991 : 327-341.
- SCHWARTZ (D.), MARIOTTI (A.), LANFRANCHI (R.), GUILLET (B.), 1986. –  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  ratios of soil organic matter as indicators of vegetation changes in the Congo. *Geoderma*, 39 (2) : 97-103.
- VITORELLO (V.A.), CERRI (C.C.), ANDREUX (F.), FELLER (C.), VICTORIA (R.L.), 1989. – Organic matter and natural Carbon-13 distribution in forested and cultivated oxisols. *Soil. Sci. Soc. Am. Journ.*, 53 : 773-778.