

# Origine et évolution des savanes intramayombiennes (R.P. du Congo). I. Apports de la pédologie et de la biogéochimie isotopique ( $^{14}\text{C}$ et $^{13}\text{C}$ )

D. SCHWARTZ <sup>1</sup>, R. LANFRANCHI <sup>2</sup> et A. MARIOTTI <sup>3</sup>

**RESUME** : Des savanes incluses, soumises à une forte érosion, trouvent le massif forestier du Mayombe au Congo. Les datations par le  $^{14}\text{C}$  et la mesure de la composition isotopique en  $^{13}\text{C}$  de matières organiques de paléosols permettent d'établir que ces savanes datent d'au moins 1500 ans et qu'elles n'ont pas succédé à la forêt, mais à des formes plus boisées de savane, dont elles constituent sans doute un faciès de dégradation anthropique. Par contre, les formes plus boisées primitives apparaissent comme des reliques paléoclimatiques, le climax de la région étant indubitablement resté forestier pendant les trois derniers millénaires.

Mots clés : Mayombe, Congo, contact forêt-savane, datations  $^{14}\text{C}$ , isotope  $^{13}\text{C}$ , savanes incluses, paléoclimats, anthropisation des paysages.

## I - INTRODUCTION

Le Mayombe est une chaîne montagneuse côtière recouverte par une forêt dense, qui s'étire parallèlement à la côte depuis le Gabon au N.O. jusqu'au Zaïre au S.E. (fig. 1). Chaîne d'altitude peu élevée, le Mayombe n'en constitue pas moins par la vigueur de son relief un obstacle entre le littoral et l'arrière pays.

Le Mayombe occidental forme un paysage de crêtes et de collines qui s'abaissent lentement vers la plaine côtière (fig. 2). On passe ici progressivement de la forêt mayombienne aux savanes côtières par l'intermédiaire d'une mosaïque de savanes et de forêts plus ou moins dégradées par les cultures. A l'opposé, le Mayombe oriental, zone où hautes crêtes de grès quartzite et vallées creusées dans les schistes alternent régulièrement, plonge brutalement vers les vallées de la Nyanga et du Niari. Le contact entre forêt et savane est ici quasi-immédiat (fig.1).

La pluviométrie, très variable, augmente de l'ouest (1250 mm) jusqu'aux plus hautes crêtes (1980 mm) avant

de décroître à nouveau vers Loubomo (1250 mm). Les précipitations se répartissent sur 8 mois, d'octobre à mai, mais les précipitations occultes, brouillards et crachins, sont abondantes en saison sèche, d'où le maintien d'une certaine humidité du sol sous forêt pendant cette saison. L'ensoleillement est très réduit, notamment pendant la saison sèche et fraîche : moins de 1000h.an à Dimonika, près de Mvouti (LPA, 1986).

## II - LES SAVANES INTRAMAYOMBIENNES : LOCALISATION, DESCRIPTION

Les savanes incluses du Mayombe sont connues depuis longtemps (Manot, 1946), mais n'avaient pas été, jusqu'à présent, cartographiées, si on excepte une représentation partielle donnée par Venetier (1968). Une couverture aérienne récente (IGN 79 SB 33-1 au 1/50.000ème) permet d'en avoir une représentation plus précise (fig. 3), bien qu'également incomplète. Les savanes sont particulièrement abondantes sur le versant N.E. du Mayombe. Au nord-ouest, elles rejoignent les savanes de la Nyanga, à l'est elles se raccordent aux savanes du Niari (fig. 1 et 3).

Complètement fermées, elles ont des contours très géométriques, en segments de droite. Leurs dimensions et formes sont très variables. Un alignement général NW-SE parallèle aux chaînons montagneux est nettement visible, mais considérées individuellement, les savanes ne semblent pas avoir d'axes privilégiés. A cette échelle, qui est celle du bassin versant, il convient également de noter qu'elles occupent toutes les positions topographiques : crêtes, versants, fonds de vallées, et ceci sans orientation privilégiée.

1. Pédologue ; ORSTOM, B.P. 1286, Pointe-Noire, Congo.
2. Archéologue ; CICIBA, B.P. 770, Libreville, Gabon.
3. Géochimiste ; Professeur à l'Université P. et M. Curie, Laboratoire de Biogéochimie isotopique (INRA et CNRS URA 196), 4 place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05, France.

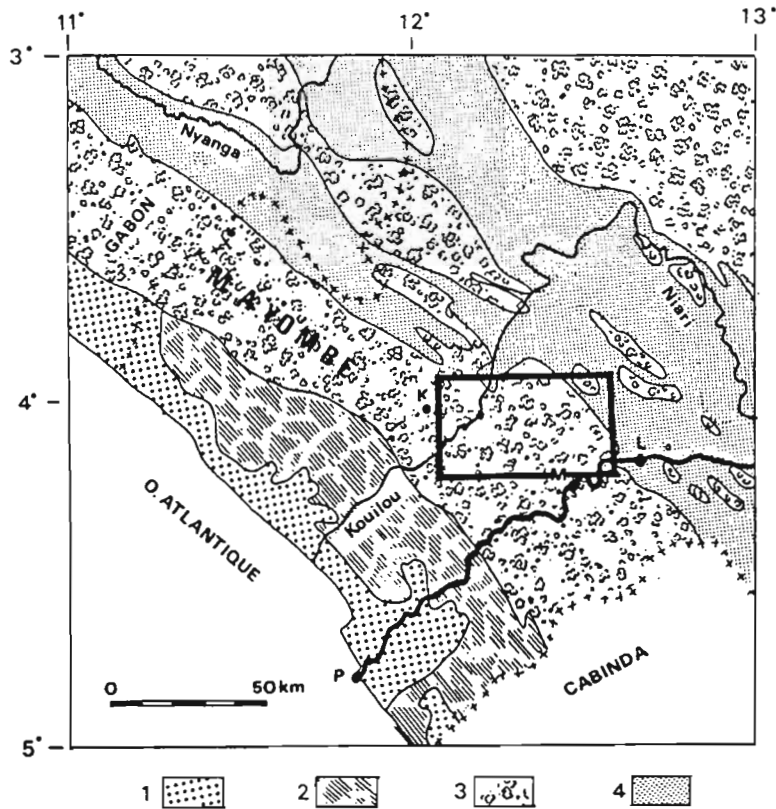


Figure 1 : Le mayombe congolais. 1 : savanes côtières ; 2 : mosaïque forêt-savane de la façade maritime ; 3 : forêts du Mayombe (légendée) et du Chaillu (au N.E.) ; 4 : savanes du synclinorium Niari-Nyanga ; P : Pointe-Noire ; K : Kakamoeka ; M : Mvouti ; L : Loubomo. Le cartouche correspond à la figure 3.

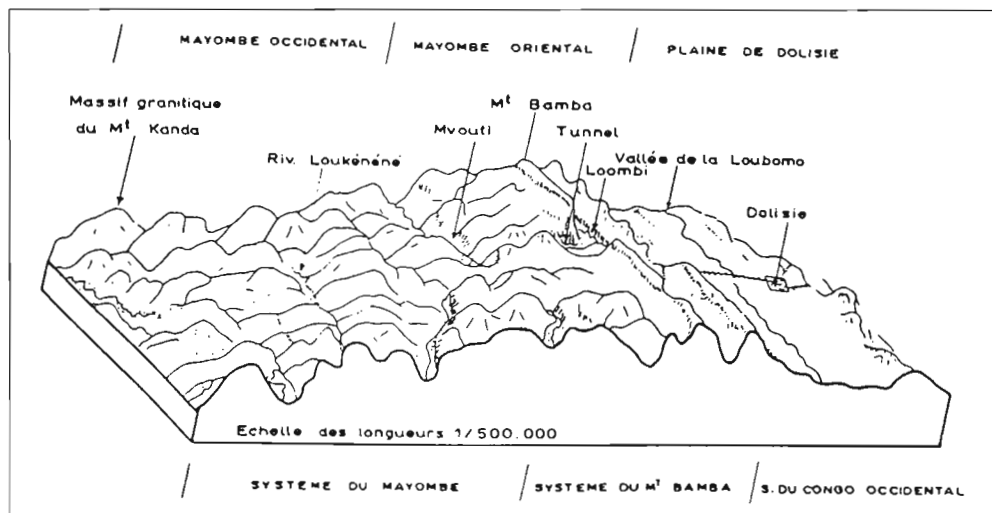


Figure 2 : Bloc-diagramme du Mayombe (d'après Gras, 1970). N.B. : Dolisie est l'ancien nom de Loubomo.

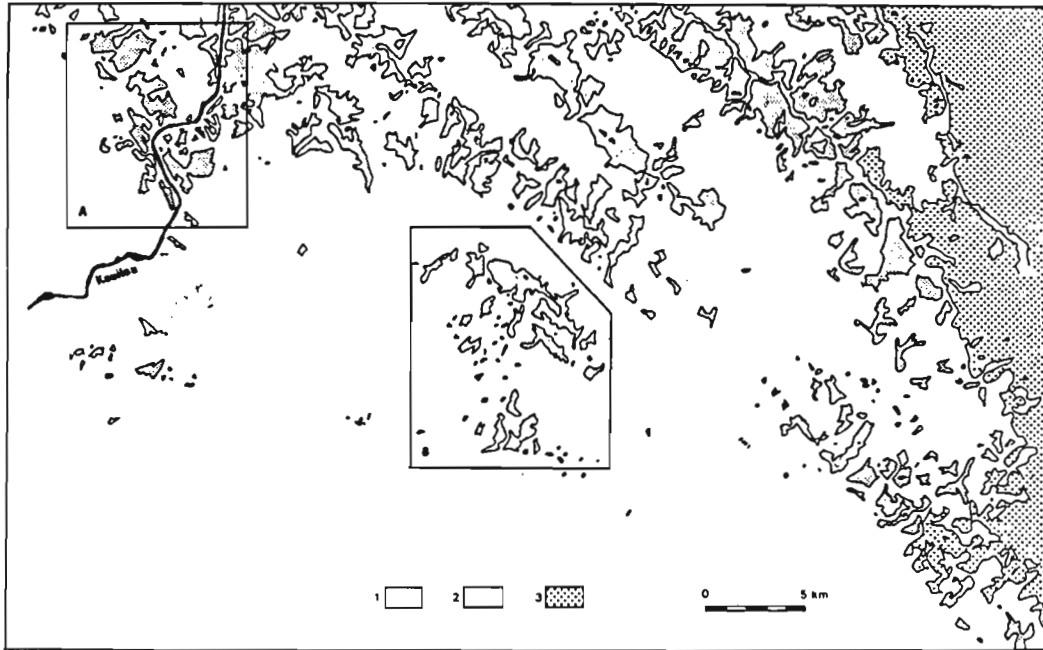


Figure 3 : Les savanes incluses du Mayombe. 1 : forêt ; 2 : savanes incluses ; 3 : savanes du synclinal Niari-Nyanga. Contours tracés directement sur photos (IGN 79 SB 33-1) sans redressement des perspectives. Les cartouches A et B correspondent respectivement aux figures 4 et 5.

Le contact avec la forêt est en général très brutal : quelques mètres (voir Foresta, p. 326 de cet ouvrage). Localement, le contact est toutefois plus progressif, notamment aux environs de Kakamoeka (fig. 4), où l'on peut observer, sur les photographies aériennes, quelques anciennes savanes en voie de reforestation complète.

La composition floristique de ces savanes soumises annuellement à des brûlis est encore très mal connue. Il apparaît cependant que le cortège floristique est très appauvri : une ou deux graminées représentent plus de 95 % du couvert. Dans certaines savanes *Pobeguinea arrecta* est largement dominante, dans d'autres il s'agit de *Hypparrhenia sp.* Les arbustes sont très rares et appartiennent à des espèces banales : *Annona senegalensis*, *Bridelia ferruginea*, *Nauclea latifolia*... Après brûlis, la couverture au sol est très faible, inférieure à 40 %. L'érosion est importante et fait apparaître des gradins en marches d'escalier (fig. 6). Latéralement, ces gradins s'estompent très rapidement dès que l'on passe sous forêt, ce qui suggère une relative stabilité des contacts forêts-savanes.

L'origine de ces savanes a donné lieu à de nombreuses discussions, mais à ce qu'il semble, seule l'hypothèse d'une origine anthropique récente a fait l'objet d'une publication (Vennetier, 1968).

L'observation de la répartition de ces savanes a montré que ni l'exposition, ni la position topographique ne permettait de rendre compte individuellement de leur répartition. A une échelle plus globale, même si la majorité d'entre elles se trouvent dans le Mayombe oriental, il en existe également dans le Mayombe occidental (fig. 2, encadrés A et B), à proximité des plus hautes crêtes, donc dans les zones les plus arrosées. La lithologie ne semble guère être un facteur discriminant de leur répartition. Les savanes de Makaba (fig. 2, encadré B; fig. 5) correspondent approximativement à l'extension des schistes de Mvouti, mais les alignements situés plus à l'est et plus au nord se trouvent indifféremment sur schistes et sur grès quartzite. Les plus hautes crêtes, constituées de grès quartzite, sont plus rarement occupées par des savanes, mais ceci peut également s'expliquer par d'autres facteurs : pluviosité, absence d'occupation humaine. Enfin, lorsque l'on compare les sols des savanes à ceux des forêts immédiatement adjacentes, on constate qu'ils sont identiques. Seuls changent les caractères des horizons de surface, conséquence des différences de végétation, et la profondeur des horizons meubles situés au dessus de la stone-line, plus variable sous savane en raison des phénomènes d'érosion qui aboutissent à une ablation plus ou moins importante du matériau dans certains secteurs, ou au contraire à un épaissement par colluvionnement.

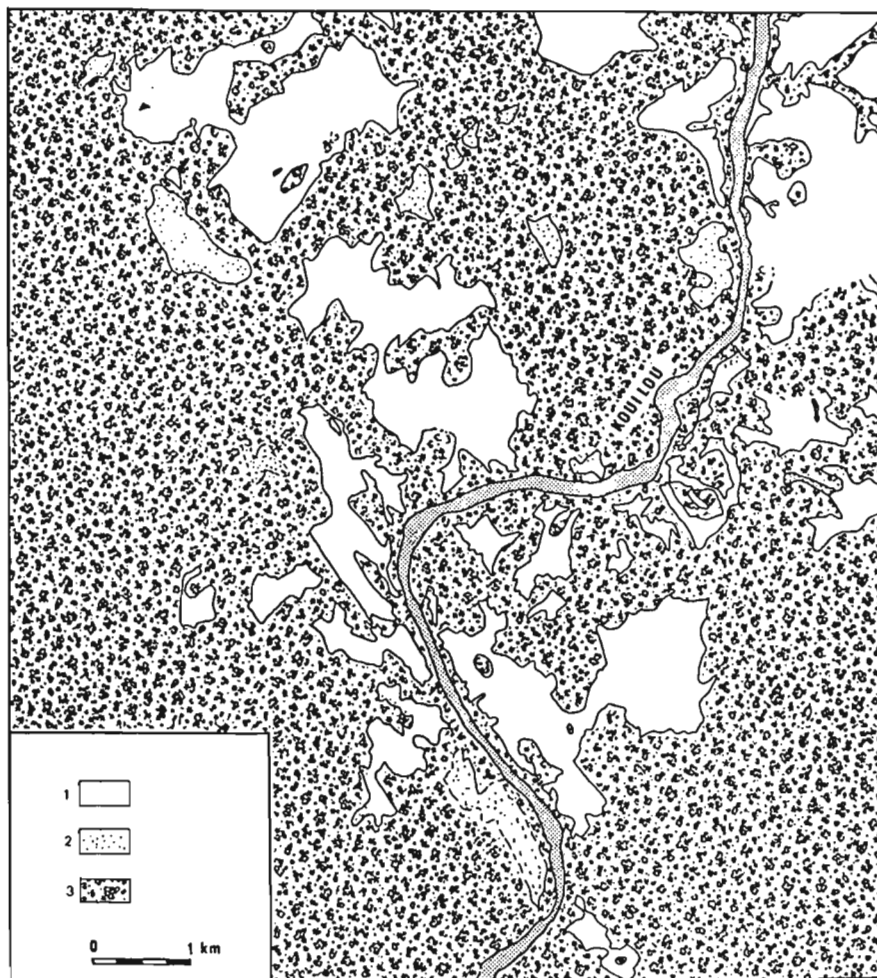


Figure 4 : Les savanes incluses dans le secteur de Kakamoeka. 1 : savanes ; 2 : savanes en cours de reforestation ; 3 : forêt.

Enfin, il faut noter que les limites des savanes, relativement rectilignes, ne respectent pas les accidents du relief: elles sont sans doute anthropiques. De même, la végétation actuelle, très appauvrie, est influencée par l'action de l'homme, qui pratique le brûlis (fire-climax). L'homme a ainsi joué un rôle évident dans l'évolution de ces savanes, au moins dans les périodes les plus récentes.

Deux origines sont ainsi possibles pour les savanes :

— *une origine paléoclimatique.* L'analyse palynologique a montré que la forêt avait très nettement régressé dans tout le domaine littoral pendant le Léopoldvillien, soit entre 30000 et 12000 BP (Caratini et Giresse, 1979, et p. 221 de cet ouvrage). Depuis le début du Kibangien, vers 12000 BP, on assiste à une nette reprise forestière. La reforestation du Mayombe pourrait avoir été plus lente dans certains secteurs, où les savanes se seraient ensuite maintenues par des pratiques anthropiques.

— *une origine purement anthropique.* Les savanes résulteraient alors de l'abattage de la forêt en vue d'une mise en culture. Il est logique dans cette hypothèse, de considérer que l'origine de ces paysages s'inscrit dans le cadre des deux derniers millénaires qui ont vu l'expansion de populations connaissant le fer, métallurgistes et/ou agriculteurs, considérés comme plus agressifs vis-à-vis du milieu que les chasseurs-collecteurs qui les ont précédés (voir infra).

### III - METHODES D'ETUDE

L'étude porte sur une savane située près de Makaba (fig. 5). Elle se fonde sur des observations géomorphologiques et pédologiques, des datations au carbone 14, la mesure de la composition isotopique en  $^{13}\text{C}$  des matières organiques du sol, et une analyse palynologique.

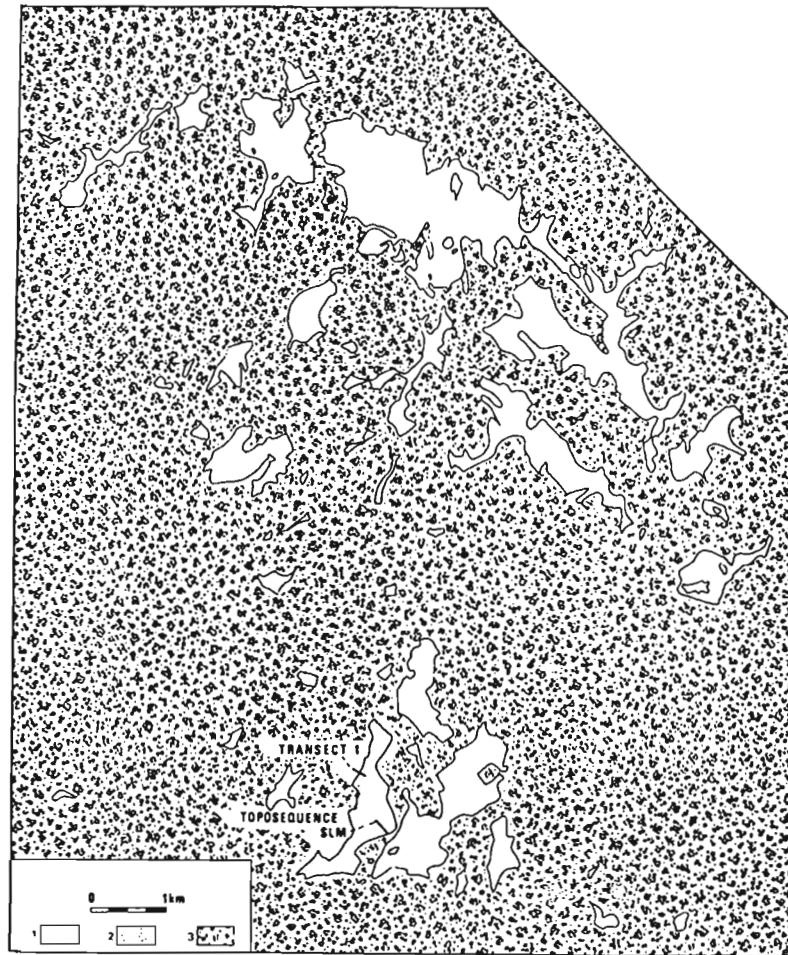


Figure 5 : Les savanes du secteur de Makaba. 1 : savanes ; 2 ; savanes en voie de reforestation ; 3 : forêt.

L'emploi du  $^{14}\text{C}$  comme outil de datation est classique (Libby, 1962 ; Delibrias, 1981 ; Guillet, 1979) et ne sera pas détaillé ici. Par contre, l'utilisation de l'isotope stable  $^{13}\text{C}$  pour l'étude de l'origine et de la dynamique des matières organiques du sol est de développement plus récent (Cerri et al., 1985 ; Schwartz et al., 1986 ; Balesdent et al., 1987 ; Guillet et al., 1988).

Les compositions isotopiques en  $^{13}\text{C}$  sont exprimées selon la notation relative classique  $\delta^{13}\text{C}$ :

$$\delta^{13}\text{C} \text{ ‰} = \left[ \frac{^{13}\text{R} \text{ échantillon}}{^{13}\text{R} \text{ référence}} - 1 \right] \times 1000$$

où  $^{13}\text{R}$  est le rapport isotopique  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ , les valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  étant exprimées par rapport au standard international PDB.

La teneur en  $^{13}\text{C}$  des plantes est fonction de leur type de cycle photosynthétique (Bender, 1968 et 1971 ; Smith et Epstein, 1971). Les plantes à cycle en C4, qui sont essentiellement des graminées (et cypéracées) tropicales, ont une teneur en  $^{13}\text{C}$  ( $\delta^{13}\text{C} = -12 \pm 3 \text{ ‰}$ ) supérieure à celles des plantes à cycle en C3 ( $\delta^{13}\text{C} = -27 \pm 3 \text{ ‰}$ ), dont font notamment partie toutes les essences arborées.

La matière organique des sols en équilibre avec une végétation de type photosynthétique donné a une teneur en  $^{13}\text{C}$  très voisine de celle de la végétation qui est à son origine. Tout au plus peut-on observer dans le profil un très léger enrichissement en  $^{13}\text{C}$  avec la profondeur. Ceci peut s'expliquer par plusieurs effets :

— il peut y avoir eu variation au cours du temps de la composition isotopique de la végétation : depuis le siècle dernier, la combustion de charbon et de produits

pétroliers, de même que l'oxydation de débris végétaux liée à l'augmentation de la surface mise en culture, ont accru de manière significative la teneur en CO<sub>2</sub> de l'atmosphère, avec une décroissance parallèle du  $\delta^{13}\text{C}$ -CO<sub>2</sub> d'environ 1 à 2 ‰, comme cela a été révélé par l'étude de la composition isotopique des anneaux de croissance des arbres (Freyer, 1979) et de la composition isotopique du CO<sub>2</sub> atmosphérique piégé dans les glaces polaires (Friedli et al., 1984).

— les constituants biochimiques des végétaux sont légèrement hétérogènes sur le plan isotopique : lignine et lipides, par exemple, sont appauvris en <sup>13</sup>C par rapport au carbone total de la plante (Park et Epstein, 1961; De Niro et Epstein, 1977) ; au contraire, les radicaux carboxyliques sont, eux, enrichis en <sup>13</sup>C (Abelson et Hoering, 1961). Ainsi, au cours de l'évolution de la matière organique végétale dans les sols, on peut aboutir à des enrichissements isotopiques, en fonction de stabilités différentes de ces composés ou groupes fonctionnels vis à vis de la dégradation microbienne.

— enfin, des fractionnements isotopiques pourraient se produire au cours de l'évolution des matières organiques, par exemple lors de leur minéralisation.

En tout état de cause, la somme de ces effets est modeste, les enrichissements en <sup>13</sup>C observés dans les profils de sols dont on a la certitude qu'ils n'ont porté qu'un seul type photosynthétique de végétation ne dépassent pas 1 à 2 ‰. Les très importantes variations de <sup>13</sup>C observés dans certains profils pédologiques (Schwartz et al., 1986; Flexor et Volkoff, 1977) nous paraissent devoir être interprétées par des successions de végétation de types photosynthétiques différents, comme l'ont montré Schwartz et al. (1986), plutôt que par les effets évoqués ci-dessus. Cependant, Volkoff et Cerri (1987) ont récemment encore repris l'hypothèse du fractionnement isotopique pour expliquer qu'en profondeur, la matière organique de sols ferrallitiques brésiliens sous forêt et sous prairie tend vers un  $\delta^{13}\text{C}$  identique (environ - 22‰).

Au Congo, une première utilisation de cette méthodologie a montré que l'on pouvait, sans ambiguïté, opposer les sols formés sous forêt, dont le  $\delta^{13}\text{C}$  varie de - 26 à - 28 ‰, aux sols formés sous savanes, dont le  $\delta^{13}\text{C}$  est de l'ordre de -13 à -15 ‰ (Schwartz et al., 1986). Il est ainsi possible d'établir, après analyse de leur contenu en <sup>13</sup>C, l'origine forestière ou savanicole des matières organiques du sol.

Deux transects ont été étudiés dans cette savane (fig. 5). Le premier est la toposéquence SLM, dont les résultats en cours de publication (Lanfranchi et Schwartz,

à paraître), sont repris et complétés ici. Le second est un transect forêt-savane parallèle aux courbes de niveau, étudié dans la seconde partie de ce travail par H. de Foresta (p. 326 de cet ouvrage), et sur lequel des investigations supplémentaires sont en cours (analyse <sup>13</sup>C d'échantillons de sol).

#### IV - ETUDE DE LA TOPOSEQUENCE SLM

##### 1°) Description

La toposéquence SLM se subdivise en quatre unités distinctes (fig. 6). Au sommet de la colline, les horizons meubles qui recouvrent la stone-line ont été en grande partie tronqués. La stone-line\* affleure le long de gradins d'érosion. Dans la partie supérieure de la pente, l'épaisseur des horizons de recouvrement est maximale et atteint 4 m. Les banquettes d'érosion, plus ou moins parallèles aux courbes de niveau sont très abondantes. L'attaque se fait à l'amont des banquettes, le long d'un front haut de 10 cm à 2 m, tandis que les produits érodés s'accumulent partiellement sur la partie aval, plane, des banquettes. Il y a ainsi progression des banquettes vers le haut de la pente, chacune d'elles s'agrandissant par l'amont, mais étant elle-même détruite en aval par la progression de la suivante. Dans la partie inférieure de la pente, les horizons de recouvrement ont totalement disparu, et la stone-line affleure en surface du sol. Enfin, en fond de vallée, une partie du matériau érodé s'est accumulée au dessus d'une basse terrasse, en formant des paléosols superposés à profil A/C. Ils contiennent des fragments de chaumes brûlés.

Les caractères tranchés des horizons montrent que la genèse de ces paléosols a été discontinue: à des phases brutales d'apport de matériau érodé le long des versants, ont succédé des phases de stabilité pendant lesquelles les horizons humifères A1 se sont différenciés dans la partie sommitale du matériau, après installation d'une couverture végétale. Ces horizons A1 sont relativement épais, ce qui suggère qu'ils se sont formés sous savane. En effet, sous savane, les apports de matière organique au sol se font majoritairement par les racines, ce qui aboutit à la différenciation d'horizons humifères épais. Sous forêt, l'essentiel des apports se fait par la chute de divers débris: feuilles, brindilles,... et l'imprégnation organique est moins profonde. Dans de nombreux sols forestiers du Mayombe, l'épaisseur de l'horizon humifère ne dépasse pas 5 cm (Jamet et Rieffel, 1976). Ainsi donc trois indices différents suggèrent que les paléosols se sont formés sous savane: l'importance des phénomènes érosifs, l'épaisseur des horizons A1 enfouis, la présence de chaumes brûlés.

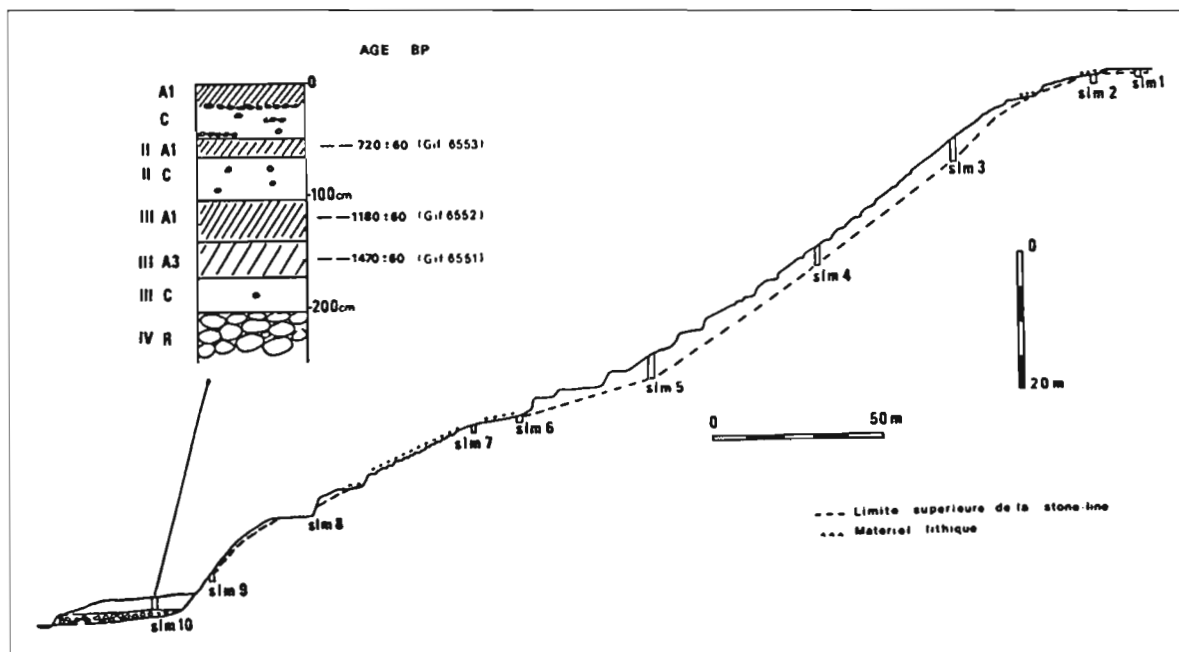


Figure 6 : La toposéquence SLM, coupe d'après relevés topofil-boussole, et les paléosols du bas de la toposéquence (d'après Lanfranchi et Schwartz, à paraître).

## 2°) Datations par le $^{14}\text{C}$

Dans les horizons organiques enfouis, l'âge mesuré sur la matière organique peut être assimilé à un âge absolu, dans la mesure où l'âge moyen de cette matière organique est peu élevé au moment de l'enfouissement, et que cet enfouissement préserve l'horizon d'une contamination par du carbone plus récent, équivalent en cela à une fossilisation (Guillet, 1979). En raison d'une activité biologique certaine (présence de termites relativement nombreux), il est toutefois possible que l'âge réel des matières organiques datées ici soit en fait légèrement plus élevé que l'âge obtenu par les datations  $^{14}\text{C}$ .

Ces âges sont de  $720 \pm 60$  BP (Gif 6553) sur le paléosol supérieur, de  $1180 \pm 60$  BP (Gif 6552) et  $1470 \pm 60$  BP (Gif 6551) pour le paléosol inférieur (fig. 6). En fait, ces datations ne donnent pas l'âge des paléosols concernés, mais la date à laquelle ils ont été enfouis, c'est à dire l'époque de mise en place du matériau sus-jacent. Ainsi, le matériau dans lequel se développe le sol I s'est mis en place vers 700 BP, celui dans lequel se développe le sol II s'est mis en place vers 1200 BP. Quant aux apports à partir desquels s'est formé le sol III, on peut simplement dire qu'ils sont antérieurs à environ 1500 BP.

Ces dates s'inscrivent dans le cadre du Kibangien B (3000 BP actuel), plus sec que le Kibangien A (12000-3000 BP) (Giresse et Lanfranchi, 1984; voir également Schwartz et al., p. 283 de cet ouvrage). Elles coïncident également avec l'arrivée et l'expansion de populations de métallurgistes et peut-être d'agriculteurs au Congo (Lanfranchi, 1983 et 1991; voir également Pinçon, p. 479 de cet ouvrage).

## 3°) Palynologie

Trois niveaux ont été prélevés: IIA1, IIIA1, IIIA3 (fig. 6 et tableau I). Le nombre de pollens et spores est faible, bien en deçà des quantités nécessaires à un bon comptage, ce qui limite fortement les conclusions que l'on peut en tirer. Nous nous contenterons ici de les grouper en 4 catégories: graminées, autres taxons herbacés, taxons arborés et spores. Dans les niveaux IIIA1 et IIIA3, les graminées sont largement dominantes, les pourcentages de spores n'étant cependant pas négligeables. Dans l'horizon IIA1, le nombre de pollens de graminées est faible, et ce sont les spores qui prédominent. Dans les trois niveaux, le nombre de pollens d'autres taxons herbacés et de taxons arborés est trop faible pour avoir une signification écologique.

Horizon (profondeur)	IIA1 (70 cm)		IIIA1 (140 cm)		IIIA3 (170 cm)	
graminées	7,5 %	(5)	66 %	(122)	60 %	(65)
autres taxons herbacés	7,5 %	(5)	2,5 %	(5)	1 %	(1)
taxons arborés	3 %	(2)	2,5 %	(5)	4 %	(4)
spores	82 %	(54)	29 %	(53)	35 %	(38)
total	100 %	(66)	100 %	(185)	100 %	(108)

Tableau I : Données palynologiques (pourcentages arrondis à 0,5 % près). Le chiffre entre parenthèses est le nombre de pollens ou spores observés ; à paraître sous forme plus détaillée in Lanfranchi, 1989.

La présence des spores est difficile à interpréter, les ptéridophytes étant des plantes à habitat très varié : savanes, lisières, forêts. De cette analyse sommaire, il convient de retenir la prédominance des graminées, au moins dans les deux niveaux inférieurs, et la quasi-absence de taxons arborés, ce qui plaide en faveur d'un milieu savanicole.

#### 4°) Composition isotopique $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ des paléosols

Les résultats sont reportés sur le tableau II. Les valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  des horizons IIA1, IIC et IIIA1, compris entre -13,2 et -14,6 ‰ sont tout à fait comparables aux valeurs retrouvées au Congo dans les horizons de surface de sols sous savane (Schwartz et al., 1986).

Par contre, les  $\delta^{13}\text{C}$  des horizons IIIA3 (-17‰) et surtout IIC (-21,6‰) sont intermédiaires entre les  $\delta^{13}\text{C}$  de sols sous savane et ceux de sols sous forêt.

On peut émettre deux hypothèses pour rendre compte des résultats obtenus pour ces deux derniers niveaux :

— le  $\delta^{13}\text{C}$  rend compte de la succession dans le temps de deux végétations : une végétation forestière, à laquelle succède une végétation de savane, la matière organique du sol n'ayant pas eu le temps d'atteindre son nouvel équilibre avec un  $\delta^{13}\text{C}$  typiquement savanicole.

— le  $\delta^{13}\text{C}$  témoigne de la présence d'une végétation intermédiaire entre la forêt dense et la savane : savane arborée ou forêt claire.

horizon	profondeur	$\delta^{13}\text{C}$ ‰	Age BP (14C)
II A1	50-70 cm	-13,2	720+/-60
II C	70-100	-14,6	
III A1	100-140	-13,9	1180+/-60
III A3	140-170	-17,0	1470+/-60
III C	170-200	-21,6	

Tableau II : Mesures des valeurs du  $\delta^{13}\text{C}$  et datations par le 14C des paléosols.



La première hypothèse est peu satisfaisante : puisque le matériau dans lequel se développe le sol III est un matériau rapporté, il faudrait admettre que l'érosion s'est produite sous forêt, ce qui n'est guère plausible : Roose (1977) nous rappelle que ce type de couverture végétale constitue une protection particulièrement efficace contre l'érosion (voir Schwartz, p. 186 de cet ouvrage, qui développe certains résultats de Roose). Il faudrait en outre admettre que le recouvrement II s'est effectué très peu de temps après l'installation de la savane sur le sol III : dans le cas contraire, en raison du *turn-over\** rapide de la matière organique dans les milieux intertropicaux, l'influence forestière sur la matière organique des sols n'aurait plus été perceptible. A titre d'exemple, Schwartz (1985) a montré que le *turn-over* dans les humus de podzols sous savanes était inférieur à 55 ans, en milieu très acide et hydromorphe, peu favorable pourtant à un renouvellement rapide de la matière organique des humus; à Brazzaville, on ne décèle plus, au bout de seulement 35 ans, d'influence savanicole dans un humus de forêt secondaire ayant succédé à une savane (Schwartz, données inédites). On peut estimer qu'en 40 à 60 ans maximum, l'essentiel de la matière organique des humus est renouvelé. Or ici, la savane a perduré sur le sol III au moins 170 ans: c'est l'intervalle minimum qui sépare les deux datations de 1470 +/- 60 et 1180 +/- 60 BP (avec un intervalle de confiance de 95 % = 2  $\sigma$ ). Cette durée semble bien suffisante pour que l'influence forestière primitive ne se fasse plus sentir dans le sol.

La deuxième hypothèse paraît la plus plausible. Elle implique toutefois l'existence de formes densément boisées de savane. En effet, les savanes arbustives ne semblent guère influencées par les essences arborées. Ainsi, dans les environs de Brazzaville, le  $\delta^{13}\text{C}$  d'une savane à densité importante d'*Hymenocardia acida* (plusieurs pieds/are) n'est toujours que de 15,5‰ (Schwartz et al., 1986). De telles savanes densément boisées sont actuellement très rares au Congo. On ne les rencontre guère que dans les zones où l'influence des brûlis est très faible, en général comme phase de reconquête forestière du territoire.

## V - CONCLUSION

Plusieurs points importants ressortent de cette étude.

Il apparaît tout d'abord que ces savanes ne sont nullement des créations anthropiques récentes, contrairement à l'opinion émise par Vernetier (1968). Les datations  $^{14}\text{C}$  en font foi.

Un deuxième constat est que les savanes actuelles n'ont pas succédé à la forêt dense, mais à des formes boisées de savanes dont elles constituent un faciès de dégradation. Cette dégradation ne semble pas liée à une péjoration climatique: le climax actuel est indubitablement forestier (voir Foresta, p. 326 de cet ouvrage), et pour l'heure aucun indice ne permet de penser que le climat ait évolué de façon notable pendant les deux derniers millénaires (voir 2ème et 4ème partie de cet ouvrage). A l'inverse, l'homme a joué un rôle certain dans cette dégradation: l'abondance de fragments de chaumes brûlés constitue une preuve certaine de son action.

Il est par contre nécessaire d'ouvrir ici une discussion sur le rôle éventuel de l'homme dans la genèse des savanes boisées. D'entrée, on remarquera qu'aucun élément ne permet d'affirmer que les savanes boisées résultent de son action: tout au moins, la matière organique des paléosols n'a pas conservé la trace du passage d'un  $\delta^{13}\text{C}$  de forêt à un  $\delta^{13}\text{C}$  de savane boisée, ce qui, dans le contexte climatique forestier des 2 ou 3 derniers millénaires en eût constitué la preuve certaine. D'autre part, l'âge minimal de ces savanes boisées est de 1500 ans environ, ce qui nous ramène pratiquement aux débuts de la métallurgie du fer au Congo: pour l'instant, la datation la plus ancienne est du 3ème siècle de notre ère (Pinçon, p. 479 de cet ouvrage). La concordance avec nos propres datations est frappante, mais ce que l'on sait pour l'instant des migrations des peuples bantouphones suggère qu'ils n'ont pas créé de toutes pièces des paysages ouverts; ils se sont plutôt servis de zones plus claires pour se déplacer. Lors du colloque de Viviers en 1977, Phillipson (1980) estime qu'une fraction de ces peuples, partie — sans métallurgie — des Grassfields camerounais vers 1000 ans B.C., aurait traversé la forêt équatoriale selon une direction nord-sud, là où elle est le moins large, pour suivre ensuite la lisière entre la forêt du Chaillu et les savanes Batéké jusqu'au sud du bas Congo. L'auteur est d'une extrême prudence en ce qui concerne les connaissances agricoles de ces peuples, donc l'éventualité de culture sur brûlis après défrichement. Maret (1980) va plus loin, notamment dans la discussion qui suit son texte. Pour cet auteur, les agriculteurs, même pratiquant la culture itinérante sur brûlis, constituent des populations peu mobiles, attachées à la terre, et cantonnées aux lisières des massifs forestiers. Il imagine plutôt que des populations de pêcheurs auraient traversé la forêt en descendant la rivière Sangha, axe privilégié de migration pour de telles populations. Cependant, des travaux récents (Maret, sous presse; Denbow et al., 1988; Clist, p. 458 de cet ouvrage) montrent que des migrations se sont produites très tôt (II<sup>e</sup> millénaire B.C.) par le littoral atlantique grâce aux savanes côtières. Sans doute à un stade pré- ou proto-agricole, ces populations n'ont dû que peu marquer les paysages.

Même si dans ce domaine les raisonnements, par la force des choses spéculatifs, sont toujours à la merci de nouvelles découvertes, il paraît peu probable que les savanes intramayombiennes aient été créées de toute pièce par des populations de l'âge du fer. L'action des métallurgistes semble avoir été limitée, même dans un domaine largement savanicole comme celui du pays Batéké (voir Pinçon, p. 479 de cet ouvrage). Qu'a-t-il alors bien pu en être dans un domaine forestier comme le Mayombe ? Dans le Chaillu, les métallurgistes, nombreux encore au début du siècle (Dupré, 1981-82), n'y ont pas créé de savanes; on notera également que les métallurgistes ne pratiquaient pas la coupe à blanc, et de plus, on ne connaît pour l'heure aucune trace d'activités métallurgiques passées (ferriers\*) dans le Mayombe. Quant aux agriculteurs, Foresta montre dans la seconde partie de cet article (p. 326) qu'ils auraient dû faire preuve d'un acharnement bien incompréhensible pour créer de telles étendues de savane à l'intérieur du massif mayombien.

Il apparaît ainsi qu'il est bien plus probable que les savanes soient d'origine paléoclimatique. A quelle période climatique faut-il dans ce cas les rapporter ? Il n'y a en fait que deux solutions possibles. La première hypothèse est qu'elles constituent des reliques témoignant du climat plus sec du Léopoldvillien, que la réhumidification kibangienne n'a pas eu le temps de faire disparaître, pour des raisons à élucider, mais auxquelles la légère aridification connue depuis 3000 BP, puis l'influence anthropique ne sont sans doute pas étrangers; la seconde est que ces savanes boisées sont consécutives à la péjoration climatique connue vers 3000 BP, qui aurait alors été suffisante pour provoquer en certains secteurs une dégradation de la forêt dense. On doit alors admettre, le climax actuel étant largement forestier, que la baisse de la pluviosité vers 3000 BP a constitué un stress suffisant pour que la végétation forestière régresse, ou encore que le climat du début de cette péjoration a été bien plus sec que l'actuel. Pour l'instant aucun élément ne permet cependant d'étayer cette dernière hypothèse; la première demeure la plus vraisemblable.

Il est pour l'heure difficile de pousser le raisonnement plus avant. Malgré les progrès qu'ils constituent, il n'est pas question de se satisfaire des résultats exposés ici. Trois points méritent une attention particulière : tout d'abord une recherche plus précise de l'origine des savanes ; la recherche ensuite de la raison de la persistance de ces savanes en certains lieux privilégiés ; enfin, l'évaluation de l'impact humain : les traces de chaumes brûlés dans les paléosols constituent en effet pour l'instant, en l'absence de toute trouvaille archéologique dans ces zones encore peu prospectées, la seule preuve d'une occupation anthropique pendant le 1er millénaire de notre ère dans le Mayombe.

## REMERCIEMENTS

*Les analyses palynologiques sont dues à J. Nguié (sans adresse scientifique actuellement), et les datations  $^{14}\text{C}$  à Mme G. Delibrias (Centre des faibles radioactivités, Gif-sur-Yvette, France). Les analyses isotopiques ont été réalisées au Laboratoire associé INRA-Université P. et M. Curie (Paris VI) par Mmes M. Grably et J. Guillemot. Nous les remercions chaleureusement de leur aide.*

## BIBLIOGRAPHIE

- ABELSON P.H. et HOERING T.C., 1961. - Carbon isotope fractionation in formation of aminoacids by photosynthetic organisms. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 47, 623-632.
- BALESDENT J., MARIOTTI A. et GUILLET B., 1987. - Natural  $^{13}\text{C}$  abundance as a tracer for soil organic matter dynamics studies. Soil Biol. Bioch., 19, 1, 25-30.
- BENDER M.M., 1968. - Mass spectrometric studies of  $^{13}\text{C}$ : variations in corn and other grasses. Radiocarbon, 10, 468-472.
- BENDER M.M., 1971. - Variations in the  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  ratios of plants in relation to the pathway of photosynthetic carbon dioxide fixation. Phytochemistry, 10, 1239-1244.
- CARATINI C. et GIRESE P., 1979. - Contribution palynologique à la connaissance des environnements continentaux et marins du Congo à la fin du Quaternaire. C.R. Acad. Sci. Paris., 288, sér. D, 379-382.
- CERRI C., FELLER C., BALESDENT J., VICTORIA R. et PLENECASSAGNE A., 1985. Application du traçage isotopique naturel en  $^{13}\text{C}$  à l'étude de la dynamique de la matière organique dans les sols. C.R. Acad. Sci. Paris, 300, II, 423-428.
- DELIBRIAS G., 1981. - La mesure des âges par le carbone 14. In: Préhistoire africaine. Mélanges offerts au Doyen Lionel Balout. ADFP, Paris, p. 91-103.
- DENBOW J., MANIMA-MOUBOUHA A. et SANVITI N., 1988. - Archaeological excavations along the Loango Coast, Congo. Nsi, 3, 37-42.
- DE NIRO M.J. et EPSTEIN S., 1977. - Mechanism of carbon isotope fractionation associated with lipid synthesis. Science, 197, 261-263.

- DUPRE M.C., 1981-82. - Pour une histoire des productions: la métallurgie du fer chez les Teke Ngungulu, Tio, Tsaayi (République Populaire du Congo). Cah. ORSTOM, sér. Sci. Hum., XVIII, 2, 195-223.
- FLEXOR J.M. et VOLKOFF B., 1977. - Distribution de l'isotope stable  $^{13}\text{C}$  dans la matière organique d'un sol ferrallitique de l'Etat de Bahia (Brésil). C.R. Acad. Sci. Paris, 284, sér. D, 1655-1657.
- FREYER H. D., 1979. - Variations in the atmospheric  $\text{CO}_2$  content. In : B. Bolin, E.T. Degens, S. Kempe et P. Kerner (éds.), The Global Carbon Cycle. Scope 13, John Wileys and Sons, p. 79-99.
- FRIEDLI H., MOOR E., OESCHGER H., SIEGENTHALER U. et STAUFFER B., 1984.-  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  ratios in  $\text{CO}_2$  extracted from Antarctic ice. Geophys. Res. Lett., 11, 1145-1148.
- GIRESE P. et LANFRANCHI R., 1984. - Les climats et les océans de la région congolaise pendant l'Holocène. Bilans selon les échelles et les méthodes de l'observation. Palaeocol. Africa, 16, 77-88.
- GRAS F., 1970. - Surfaces d'aplanissement et remaniement des sols sur la bordure orientale du Mayombe. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., VIII, 3, 274-294.
- GUILLET B., 1979. - Etude du renouvellement des matières organiques des sols par les radio-isotopes ( $^{14}\text{C}$ ). In : M. Bonneau et B. Souchier (éds.), Pédologie, t. 2 : Constituants et Propriétés des sols, Masson, Paris, p. 210-226.
- GUILLET B., FAIVRE P., MARIOTTI A. et KHOBZI J., 1988.- The  $^{14}\text{C}$  dates and  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  ratios of soil organic matter as a means of studying the past vegetation in intertropical regions : examples from Colombia (South-America). Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., 65, 51-58.
- JAMET R. et RIEFFEL J.M., 1976. - Notice explicative n° 65. Carte pédologique du Congo à 1/200000, feuilles Pointe Noire et Loubomo. ORSTOM, Paris, 167 p. + 2 cartes.
- LANFRANCHI R., 1983.- Première datation  $^{14}\text{C}$  d'un fourneau de fonte de fer en R.P. du Congo. L'Anthropologie, 87, 147-148.
- LANFRANCHI R., 1991. La préhistoire de l'Afrique centrale occidentale ; Hommes et Milieux. Thèse Doct. Etat Lettres.
- LANFRANCHI R. et SCHWARTZ D., à paraître. - L'évolution du Mayombe congolais à la fin du Quaternaire. Nouvelles données géomorpho-logiques, pédologiques et préhistoriques. Pour: Cahiers ORSTOM, sér. Pédol.
- LIBBY W., 1962. - Radiocarbon dating. Chicago Univ. Press, 3° édition.
- LPA, 1986. - Dimonika, caractéristiques climatiques 1979-1984. Univ. Marien NGouabi, Labor. Phys. Atmosphère, Brazzaville.
- MANOT R.O., 1946 (Pseudonyme de M. Romano). - L'aventure de l'or et du Congo-Océan. Secrétan, Paris, 294 p.
- MARET P. de, 1980. - Bribes, débris et bricolages. In: L. Bouquiaux (éd.), L'expansion bantoue. Actes Coll. Int. CNRS, Viviers (France), 4-16 avril 1977. SELAF, Paris, vol. 3, p. 715-730.
- MARET P. de, sous presse. Les débuts de la sédentarisation de l'agriculture et de la métallurgie dans la moitié sud du Cameroun: synthèse des recherches depuis 1978. Comm. II° Coll. Archéol. Cameroun, Yaoundé, janvier 1986.
- PHILLIPSON D.W., 1980. - L'expansion bantoue en Afrique orientale et méridionale. Les témoignages de l'archéologie et de la linguistique. In: L. Bouquiaux (éd.), L'expansion bantoue. Actes Coll. Int. CNRS, Viviers (France), 4-16 avril 1977. SELAF, Paris, vol. 3, p. 649-684.
- ROOSE E.J., 1977. - Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest. Travaux et Documents n° 78, ORSTOM, Paris, 108 p.
- SCHWARTZ D., 1985 - Histoire d'un paysage : le lousseke. Paléoenvironnements quaternaires et podzolisation sur sables Batéké. Quarante derniers millénaires, région de Brazzaville, R.P. du Congo. Thèse Doct. Etat ès Sciences, Univ. Nancy I, 211 p. (parue 1988 in coll. Etudes et Thèses, ORSTOM, Paris, 285 p.).
- SCHWARTZ D., MARIOTTI A., LANFRANCHI R. et 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.
- SMITH B.N. et EPSTEIN S., 1971. - Two categories of  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  ratios for higher plants. Plant Physiology, 47, 380-384.

VENNETIER P., 1968. - Pointe Noire et la façade maritime du Congo. Mémoire n° 26, ORSTOM, Paris, 458 p.

Comparison with tropical forest soils. *Plant and Soil*, 102, 27-31.

VOLKOFF B. et CERRI C.C., 1987. - Carbon isotopic fractionation in subtropical brazilian grassland soils.