
LES PODZOLS TROPICAUX SUR SABLES BATEKE EN R.P. DU CONGO

description, caractérisation, genèse

D. SCHWARTZ ⁽¹⁾

ABSTRACT

TROPICAL PODZOLS ON BATEKE SANDS IN R.P. OF CONGO.
DESCRIPTION, MAIN CHARACTERISTICS AND GENESIS

The podzols on Bateke sands in R.P. of Congo have developed in the lower parts of the landscape. These « giant podzols » are characterized by a very thick solum, a strong accumulation of humus in the podzolic B horizon, the lack of iron and the importance of Al accumulation which involves hydromorphic processes during their genesis.

They are old soils, some of them are still hydromorphic but the others are now well drained. They are not in equilibria with the present soil forming factors. A tentative reconstitution of the different stages of their genesis have been done.

INTRODUCTION

Au Congo, les podzols ne se développent, si on excepte la zone côtière, que dans le pays Batéké. Celui-ci est constitué de vastes dépôts de grès et sables, qui sont des formations tertiaires plus ou moins remaniées occupant le centre du pays (LE MARECHAL, 1966).

Ces podzols sont recouverts par des formations graminéennes basses, peu denses, dépourvues d'essences ligneuses, qualifiées de « steppes » ou « pseudosteppes » par les botanistes. Pauvres en espèces, elles sont essentiellement constituées de deux graminées : *Loudetia simplex* et *Monocymbium cerasiforme* (DESCOINGS, 1960 ; KECHELIN, 1961 ; SCHWARTZ, 1985). L'ensemble podzol-steppe constitue une unité de paysage appelée *Lousseke* d'après un nom vernaculaire désignant *L. simplex*.

En raison de la couverture cartographique inexistante ou à trop petite échelle des formations Batéké, il est difficile de préciser quelle est la surface occupée par les podzols. Une estimation de l'ordre de 1 000 à 5 000 km² semble raisonnable, alors que l'ensemble des formations Batéké couvre pour sa part 80 000 km².

LE MILIEU ET LES SOLS

Localisation des podzols

Les podzols occupent des surfaces restreintes situées dans les points bas des paysages.

(1) O.R.S.T.O.M., B.P. 1286, Pointe Noire, R.P. du Congo.

Le pays Batéké comprend deux régions géomorphologiques d'importance inégale (fig. 1) : des plateaux, de taille variée, et à pente générale très faible (moins de 3 pour mille) qui s'étagent entre 850 et 600 mètres d'altitude ; et une vaste ceinture de collines, drainées au nord vers la cuvette congolaise, au sud, vers le Stanley Pool.

Sur les plateaux, où ils sont peu nombreux, les podzols se développent dans des dépressions hydromorphes fermées, profondes de quelques mètres et d'un diamètre de quelques centaines de mètres, qui parsèment la bordure ouest et sud-ouest du plateau de Mbé. L'origine de ces dépressions est mal connue. Elles pourraient s'être formées par soutirage d'argile [BOCQUIER et BOISSEZON, 1959], voire par dissolution chimique comme en Côte d'Ivoire (HUMBEL, 1964) à la faveur de circulations souterraines d'eau en bordure de plateaux.

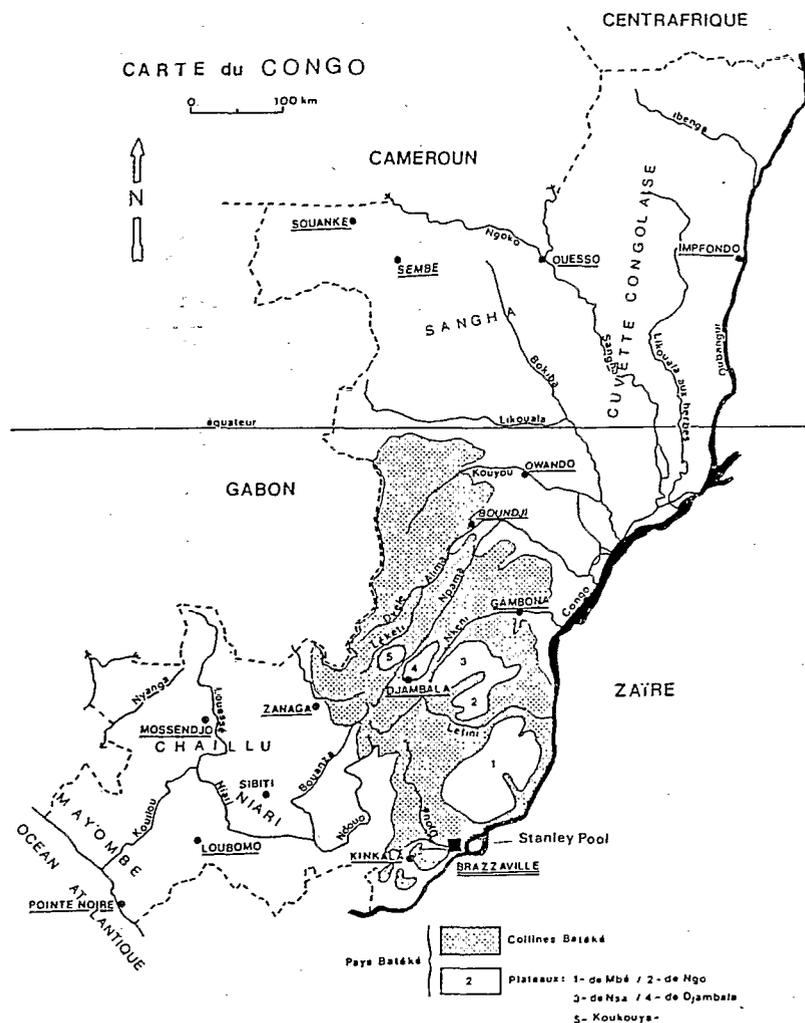


Figure 1 : Les formations Batéké en R.P. du Congo
The Bateke sands in the Congo.

Dans la région des collines drainées vers le Stanley Pool, les podzols se rencontrent en position de terrasse, parfois à plus de 30 mètres au-dessus des cours d'eau. Le niveau sur lequel ils se développent a pu être corrélé (LE COCQ, 1980) avec la terrasse maluekienne du fleuve Congo, c'est-à-dire au niveau de base du réseau hydrographique entre 70 000 et 40 000 B.P. (GIRESE et al., 1981). A Brazzaville même, les podzols forment un niveau discontinu situé à l'altitude de 300-305 mètres.

A l'inverse, dans la région des collines drainées vers la cuvette congolaise, les podzols occupent les fonds de vallées et ne surplombent la surface des eaux courantes que de quelques mètres (LE COCQ, 1980).

Cette différence de localisation des podzols dans le paysage entre le nord et le sud du pays Batéké s'explique par des divergences dans l'évolution géomorphologique de ces deux secteurs (LE COCQ, 1980). En effet, il est reconnu depuis longtemps (GIRESE et al., 1981) que le niveau de base du fleuve Congo et de ses affluents a considérablement varié pendant les 70 derniers millénaires dans la région de Brazzaville, tandis que celui de la cuvette congolaise est resté à peu près stable pendant cette même période.

Une conséquence importante en découle pour les sols : dans le Stanley Pool, le drainage externe de ces sols est, sauf conditions stationnelles particulières, assuré, ce qui n'est pas le cas des podzols situés en bordure de la cuvette congolaise.

Description des sols

Il est possible de décrire deux types de podzols (fig. 2) en fonction de la présence ou non d'une nappe d'eau (SCHWARTZ, 1985). Nous précisons cependant qu'il est souvent malaisé, voire impossible, d'observer le profil complet des sols en raison de leur épaisseur et des caractéristiques du matériau, bouillant à l'état sec, fluant à l'état humide. En particulier, il n'est pas toujours possible d'affirmer la présence des horizons spodiques.

Le podzol hydromorphe type est caractérisé par la présence en saison des pluies d'une nappe d'eau qui sature le profil. En fonction de la pluviosité, cette nappe bat entre la surface du sol et une profondeur de quelques dizaines de centimètres. Elle disparaît à la saison sèche. Son plancher est constitué par l'alios.

La succession d'horizons du podzol hydromorphe est la suivante (fig. 2 A) :

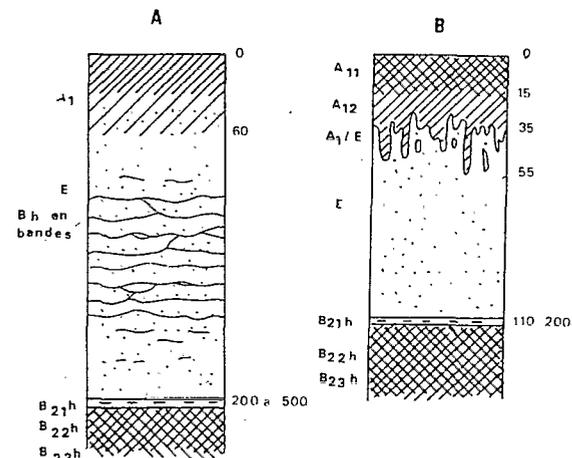


Figure 2 : Les sols modaux ; A : podzol drainé ; B : podzol hydromorphe.
The soils ; A : podzol ; B : hydromorphic podzol.

- un humus de type hydromull
- un horizon de transition A1/E formé par des glosses de matière organique qui se développent dans la zone de battement de la nappe
- un horizon E, sableux, épais, de 0,8 à 2 mètres
- un horizon B21h, de couleur grise, limoneux, compacté et à densité apparente élevée (d.a. = 1,9)
- un alios humique, fortement induré, formé de deux horizons B22h et B23h, d'épaisseur métrique ou plurimétrique

Dans les podzols drainés, il n'y a pas de nappe. Certains présentent toutefois un engorgement très temporaire à la base de l'horizon E, mais même dans ce cas, la nappe ne remonte jamais au-dessus d'une profondeur de 2-3 mètres. On trouve dans ces sols les horizons suivants (fig. 2 B) :

- un humus de type mull oligotrophe, épais, passant graduellement à :
- un horizon E, souvent très épais, parfois plus de 4 mètres, formant les « sables blancs de neige » (BABET, 1933) ou « sables blancs éclatants » (CAHEN et LEPELSONNE, 1948).
- des « Bh en bandes », constitués par de fines accumulations de matière organique qui se superposent régulièrement au sein de l'horizon E. Épaisses de quelques millimètres, ces bandes subhorizontales sont séparées les unes des autres par une dizaine de centimètres, mais s'anastomosent fréquemment. Elles s'estompent et disparaissent à la base de l'horizon E, en particulier lorsque celle-ci est soumise à un engorgement temporaire.

Les horizons B21h, B22h et B23h sont identiques à ceux des podzols hydromorphes. Dans certains cas on passe cependant progressivement de l'horizon E au matériau sableux ocre jaune qui constitue les formations Batéké.

CARACTERISATION ANALYTIQUE DES PODZOLS

Principales caractéristiques physiques et chimiques

Le tableau I fournit les principales caractéristiques d'un podzol hydromorphe type. Il s'agit d'un podzol étudié en détail (SCHWARTZ, 1985), situé à Gangalingolo, à 17 km au S.O. de Brazzaville.

Granulométrie

Les taux d'argile des horizons supérieurs sont très faibles. On notera le très net enrichissement de l'horizon B21h en limons fins. La répartition des sables semble très variable, mais ceci provient du fait que l'essentiel des sables est compris dans la fraction 160-300 μm , avec une médiane variant légèrement autour de 200 μm , qui est la limite entre sables fins et grossiers. En fait la superposition des courbes granulométriques des différents horizons montre que le matériau est très homogène.

Tableau I : Analyses de caractérisation d'un podzol hydromorphe

Carbon : méthode Walkley et Black ; Azote : méthode Kjeldhal ; granulométrie : attaque par H_2O_2 , dispersion pyrophosphate ; Capacité d'échange saturation CaCl_2 pH 7 ; désaturation KNO_3 pH 7. Bases échangeables : échange par acétate d'ammonium pH 7.

	A11 D15	A12 15-25	A12 25-35	A1A2 35-55	A2 55-80	A2 80-95	A2 95-105	B21h 110	B22h 115	B22h 120	B22h 140	B22h 170	B22h 200	B23h 200	B23h 230	B23h 260	B32 270
A	1,1	0,9	0,9	1,1	1,0	0,9	1,5	3,1	3,3	3,2	5,3	5,8	6,0	6,4	6,3	4,6	4,5
L.F.	0,7	0,7	0,4	0,7	1,3	0,4	0,6	6,2	3,3	1,3	1,7	2,2	1,6	1,4	2,3	2,0	0,4
L.G.	2,3	1,6	1,7	2,2	3,3	6,7	3,2	2,3	2,9	2,0	2,8	2,9	2,5	2,6	3,1	2,3	1,9
S.F.	42,7	36,0	37,9	40,7	42,6	50,1	43,7	41,2	43	35,6	41,1	39,3	38,2	37,2	39,0	35,7	44,3
S.G.	52,9	60,5	58,7	55,6	53,5	41,2	51,2	46,1	44,5	41,5	41,9	41,7	41,8	41,4	42,0	54,5	47,6
M.S.	2,3	1,1	0,5	0,2	0,1	0,1	0,9	3,1	17,8	8,1	7,7	10,1	9,4	4,5	1,0	0,9	
Total	102	99,8	101,1	100,5	101,8	99,3	100,3	99,8	100,1	101,4	100,9	99,6	100,2	98,4	97,2	101,1	98,6
C	13,14	6,62	2,87	1,36	0,35	0,38	0,42	5,15	18,16	102,06	47,14	44,82	56,73	54,60	26,26	5,55	5,40
N	0,420	0,392	0,210	0,126	0,091	0,084	0,078	0,273	0,422	1,575	1,078	0,987	1,064	1,090	0,518	0,182	0,224
C/N	31,3	16,9	13,7	10,9	3,8	4,5	15,0	18,9	43,0	65,3	43,7	45,4	55,2	52,0	50,6	37,7	24,1
pH eau	4,9	5,0	5,4	5,9	6,6	6,6	5,9	5,6	4,9	3,6	4,3	4,3	4,3	4,6	4,8	5,4	5,2
pH eau pH eau	3,4	3,7	3,9	4,1	5,6	4,9	4,8	3,9	3,5	3,1	3,3	3,5	3,7	4,0	4,2	4,4	4,2
Bases échangeables max 100 g																	
Ca ⁺⁺	0,01	0,04	0,07	0,04	0,03	0,05	0	0,05	0,01	0,12	0,08	0,07	0,12	0,03	0,01	0,04	0,03
Mg ⁺⁺	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0	0,02	0	0,01
K ⁺	0,06	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02	0,01	0,02	0,01	0,07	0,02	0,03
Na ⁺	0	0	0,01	0,01	0	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0,01
S	0,11	0,10	0,13	0,08	0,06	0,09	0,02	0,07	0,04	0,17	0,11	0,09	0,16	0,04	0,10	0,06	0,08
T	19,11	21,6	16,4	11,5	4,9	3,5	0,8	1,8	2,1	1,4	2,2	5,7	2,3	2,2	9,3	14,3	4,8
SIT	0,6	0,5	0,7	0,7	1,2	2,6	2,5	3,9	1,9	12,1	5,0	1,6	6,9	1,8	1,1	0,4	1,7

Matière organique

Les taux de matière organique des horizons de surface sont relativement faibles. Malgré un C/N élevé, l'humus n'est pas un humus brut, mais un hydromull. Dans les horizons spodiques, les taux de matières organiques sont bien plus élevés. D'après BOISSEZON et GRAS (1970), ils peuvent atteindre 30 %. Les accumulations humiques sont donc considérables : en interpolant les données du tableau I, et en supposant que la densité apparente de l'alios — soit 1,8 — est constante sur toute son épaisseur, on obtient des quantités de matière organique de l'ordre de 2 200 tonnes/ha (SCHWARTZ, 1985). Les C/N des alios sont très élevés, contrairement à ceux de l'horizon B21h. Ils sont généralement compris entre 40 et 60, mais peuvent dépasser 80. De telles valeurs caractérisent des milieux biologiquement peu actifs, dans lesquels la biodégradation des humus est faible (RIGHI et GUILLET, 1977).

pH et bases échangeables

Le pH eau est acide. Celui des horizons spodiques est le moins élevé, celui des horizons E, en l'absence de matière organique et en raison de la faible capacité d'échange, est le plus élevé, proche de la neutralité. La différence pH eau et pH KCl est importante, particulièrement dans les horizons supérieurs, ce qui traduit la prédominance des éléments électronégatifs (matière organique, silice). La teneur en bases échangeables est extrêmement faible, proche de 0. La capacité d'échange des horizons aliotiques est faible, malgré leur taux de matière organique. Ceci suggère une grande stabilité des complexes organo-minéraux de l'alios.

Constituants et organisation des horizons spodiques

Les alios ont été décrits par ailleurs (SCHWARTZ *et al.*, 1986 a). Nous indiquerons ci-dessous les principaux résultats en y incorporant les données concernant l'horizon B21h (SCHWARTZ, 1985).

Les éléments libres : Fe, Al, Si

Ces éléments ont été dosés après extraction dans le citrate-bicarbonate-dithionite (BD), le tampon oxalate et le pyrophosphate selon les modalités décrites par JEANROY

et al. (1984) (tableau II). Les teneurs en fer libre (extrait par le CBD) des alios sont extrêmement faibles : de l'ordre de 0,2 pour mille. Ainsi, il n'y a pas accumulation de fer dans les alios. Ce fait est l'indice d'une pédogenèse hydromorphe des podzols, y compris de ceux qui sont actuellement bien drainés. On notera par ailleurs une légère accumulation relative de fer dans l'horizon B 21 h.

Les taux d'aluminium sont plus élevés, ce qui est classique, dans la podzolisation hydromorphe (JUSTE, 1965 ; RIGHI, 1977). Comme le montrent les faibles différences d'extraction entre le CBD et le pyrophosphate, il s'agit essentiellement d'aluminium lié à la matière organique sous forme de complexes.

Tableau II : Taux d'extraction en Fer, Aluminium et Silicium (pour mille)

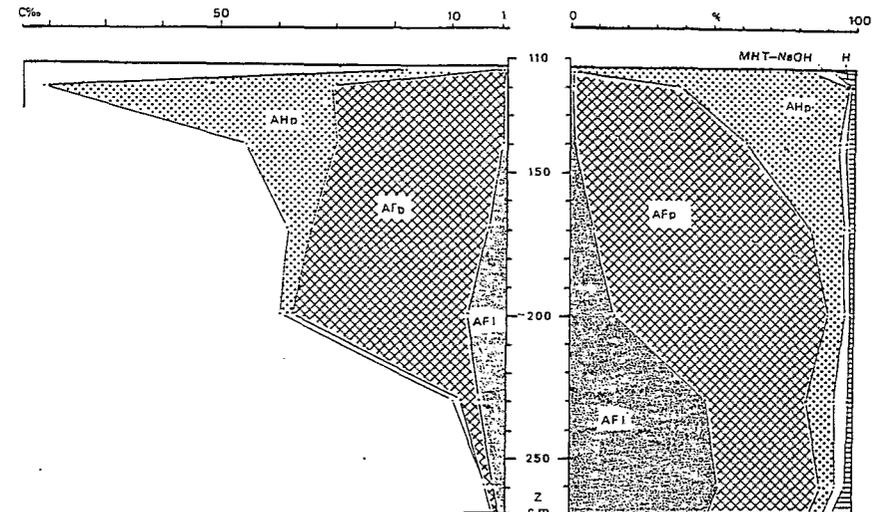
	CBD			Oxalate			Pyrophosphate		
	Fe	Al	Si	Fe	Al	Si	Fe	Al	Si
GASC 1									
A ₁	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
A ₂	0,2	0,1	0,4	0,2	0,05	0,1			
B _{21h}	0,5	0,4	0,3	0,35	0,5	0,2	0,2	0,4	0,1
Alios sup. (B _{22h})	0,2	2,2	0,5	0,2	2,0	0,2	0,1	2,2	0,2
Alios méd. (B _{23h})	0,2	3,7	0,7	0,0	3,6	0,2	0,1	3,7	0,3
Alios inf. (B _{23h})	0,2	3,2	0,7	0,1	5,0	1,2	0,05	2,5	0,2

La recherche de la gibbsite par diffraction des RX s'est avérée négative, en raison sans doute de la présence dans le milieu de silice amorphe en quantité suffisante pour orienter les néogenèses vers des composés de type allophanes. Ceux-ci apparaissent à la base de l'alios où ils sont mis en évidence, en quantité faible, par le taux d'extraction de l'aluminium et de la silice plus élevé à l'oxalate (qui dissout les allophanes) qu'au CBD (qui les préserve).

Fractionnement de la matière organique

La matière organique a été fractionnée par la méthode de DABIN (1971) (fig. 3). Elle se caractérise par un taux d'extraction très élevé : après traitement par l'acide phosphorique et le pyrophosphate, plus de 90 % de la matière organique est extraite. Les composés extractibles à la soude et l'humine ne forment respectivement que 3 à 4 % de la matière organique, et ce de manière très constante sur toute l'épaisseur de l'alios.

S'il est connu que dans les podzols tropicaux les composés extractibles à la soude sont peu représentés (TURENNE, 1975 ; DABIN, 1981), les faibles taux d'humine sont plus surprenants : la raison pourrait en être la quasi absence de fer qui inhibe la formation de l'humine d'insolubilisation (TOUTAIN, 1975). Au sommet de l'alios, soumis à des alternances d'humectation et de dessiccation, prédominent les acides humiques, tandis qu'à la base les acides fulviques libres constituent la fraction essentielle.



AFI : acides fulviques libres ; AFp : acides fulviques extraits au pyrophosphate ; Ahd : acides humiques extraits au pyrophosphate ; MHT-NaOH : extrait soude ; H : humine (non extrait). MHT-NaOH et H non représentables en teneurs absolues.

Figure 3 : Fractionnement de la matière organique des alios en pourcentage relatif et teneurs absolues des différentes fractions.

Fractionation of the organic matter from the « alios ». Percent total organic C (left) and p. 1 000 total soil (right).

Micromorphologie

L'horizon B_{21h} est constitué d'un squelette de sables entre lesquels apparaissent des particules plus fines, de la taille des limons, qui obturent la porosité. La matière organique, peu abondante, se présente sous forme de boulettes. Au microscope électronique à balayage, cet horizon apparaît comme un empilement de particules quartzueuses. Toutes les fractions, même les plus fines, de la taille des argiles, sont constituées de quartz. Les images rappellent celles du « densipan » décrit récemment par WELLS et NORTHEY (1985).

Dans l'alios, la matière organique forme d'épais revêtements continus, monomorphes, autour du squelette quartzueux. La microscopie électronique à balayage et à transmission, permet de distinguer la matière organique de l'horizon B_{22h} de celle de l'horizon B_{23h}.

En effet, au microscope à balayage, les revêtements organiques de l'horizon B_{22h} apparaissent très homogènes, à très faible porosité, et fortement craquelés en polyèdres anguleux par la dessiccation. Si les revêtements de l'horizon B_{23h} sont relativement semblables aux précédents, ils s'en différencient par l'apparition d'une structure floconneuse.

Le microscope à transmission apporte des renseignements plus précis : dans l'horizon B_{22h}, le plasma est formé de particules sphéroïdales d'environ 100 Å de diamètre qui s'agglomèrent en glomérules. Des restes de parois bactériennes et fongiques, très dégradés, apparaissent en quantité notable, témoins d'une intense activité biologique révolue. Dans l'horizon B_{23h}, les constituants organiques s'agglomèrent aux argiles pour donner un plasma organominéral.

HISTOIRE DE LA PODZOLISATION SUR SABLES BATEKE

Bien qu'ils soient actuellement pour la plupart drainés, les podzols des collines drainées vers le Stanley Pool ont été hydromorphes : le faible taux de fer des horizons spodiques en témoigne. Situés actuellement en position de terrasses, ils constituent d'anciens bas-fonds. Ceci montre que l'environnement actuel de ces sols ne permet pas de comprendre leur genèse. Pour reconstituer leur histoire, il a donc été nécessaire de procéder à des investigations complémentaires.

Etude pédoarchéologique d'un podzol

Il s'agit du podzol de la concession ORSTOM de Brazzaville. Ce podzol s'est avéré remarquable, tant d'un point de vue pédologique qu'archéologique (Schwartz, 1985). Une industrie lithique, parfaitement datée y a été découverte en place, entre le sommet de l'aliôs et la base de l'horizon B21h. Cet aliôs constitue ici un sol d'habitat préhistorique. Ceci ne peut s'expliquer que parce que celui-ci a été, à un moment donné de son histoire, entièrement décapé, avant d'être recouvert par un matériau dans lequel se sont développées de nouvelles phases de pédogenèse. Ceci est confirmé par le fait que l'aliôs est partiellement recouvert par un sol ferrallitique psammitique.

La confrontation des données pédologiques et archéologiques a permis d'établir une chronologie relative des phases de pédogenèse et de remaniement qui ont affecté ce site. En ce qui concerne la pénogenèse, deux résultats principaux apparaissent :

- L'induration en aliôs des accumulations humiques des horizons B22h et B23h était achevée au moins dès 12 000 ans, début de l'Holocène.
- l'aliôs et l'horizon E sont ici sans parenté génétique. S'il ne s'agit pas d'un cas général, ce podzol ne constitue pas non plus un cas unique au sein des formations Batéké.

Par ailleurs, une série d'analyses a été entreprise sur des échantillons provenant du podzol de Gangalingolo. Il s'agit de la détermination d'espèces végétales fossilisées dans les aliôs, de datation par le 14C, et de l'utilisation du 13C comme marqueur écologique.

Analyse de restes végétaux fossilisés dans l'aliôs

De nombreux pivots racinaires et racines traversent l'aliôs. En raison de son induration, celui-ci est actuellement impénétrable aux racines. Il faut donc admettre que celles-ci sont plus anciennes que l'induration. La présence de racines à tracé en baïonnette ou aplaties selon des réseaux fasciculés plans suggère qu'elles sont contemporaines de cette induration (SCHWARTZ, 1985).

Les racines appartiennent à 4 espèces de *Monopetalanthus*, une Césalpinacée de forêt ombrophile (DECHAMPS *et al.*, à paraître). Trois de ces espèces ne se rencontrent actuellement que dans les Monts de Cristal gabonais et en Guinée équatoriale. Ceci suggère les remarques suivantes :

- ces espèces caractérisent un climat plus humide que le climat actuel des environs de Brazzaville : 2 000 à 2 400 mm de précipitations contre 1 400 actuellement ; 3 mois de saison sèche contre 4,5.
- elles ne sont pas typiques de milieux hydromorphes.

Datation par le 14C

Ces datations (SCHWARTZ, 1985 ; SCHWARTZ *et al.*, 1985) portent sur des échantillons de matière organique des horizons spodiques et sur des fragments de racines (tableau III).

Tableau III : Mesures d'âge par le 14C

N° ech.	type	profondeur (cm)	Age B.P.
Ny 1064	B21h	110	10400 ± 150
Ny 1015	B22h	130	29400 ± 800
Ny 1016	B23h	200	38500 ± 2000
Gif 6054	racines	110-135	≥ 30000

Les mesures effectuées sur les matières organiques donnent un âge moyen. Les hautes valeurs mesurées indiquent que l'aliôs est fossile. Il ressort en outre que la podzolisation est un phénomène limité dans le temps : elle n'a pu commencer au Maluekien (70 000 - 40 000 BP) qui est la période, relativement aride, où se mettent en place les matériaux sur lesquels vont se développer les podzols ; mais à l'inverse, elle n'a pu se dérouler de façon continue jusqu'à nos jours : on aurait alors des âges moyens bien moins élevés. Ces âges moyens s'inscrivent de fait dans une période climatique humide, appelée Njilien, datée de 40 000 à 30 000 BP, et encadrée par deux périodes relativement sèches : le Maluekien, déjà évoqué, et le Léopold-villien (30 000 - 12 000 BP), à l'aridité marquée. Ces faits suggèrent que la formation de l'aliôs a été limitée à cette période du Njilien. Les mesures d'âge des racines malgré leur imprécision, sont tout à fait compatibles avec ces conclusions. Il apparaît également que dans ces horizons fossiles, les âges moyens des matières organiques sont pratiquement confondus avec les âges absolus des accumulations humiques.

Utilisation du 13C comme marqueur écologique

Au Congo, une série de mesures de composition isotopique 13C a montré qu'il était possible de différencier les matières organiques de sols formés sous savane, à $\delta^{13}C$ (standard PDB) variant de -12,5 à -16,5 pour mille, des matières organiques provenant de végétation forestière, à $\delta^{13}C$ de l'ordre de -26 à -28 pour mille (SCHWARTZ *et al.*, 1986 b).

Tableau IV : Mesure de la composition isotopique 13C

N° ech.	nature	profondeur (cm)	$\delta^{13}C$ (‰)
MC	graminée, <u>Monocymbium</u> <u>ceresiforme</u>	-	-13,8
LS	graminée, <u>Loudetia</u> simplex	-	-15,2
GASC R	racines in aliôs	110 - 130	-28,8
GASC 1-1	A1 podzol	0 - 10	-13,55
GASC 1-2	A2 podzol	80	-24,25
GASC 1-3	B21h	110	-25,15
GASC 1-a	P22h	130	-27,55
GASC 1-b	F23h	200	-27,55
GASC 1-c	P23h	250	-27,45
GASC 96-4	Rh-liseré entre E et Rox	125	-26,8
SCH 37	nappe perchée podzol	0-110	-17,3

Pour les podzols (tableau IV), les résultats sont les suivants : La composition isotopique de l'horizon A1 est typique d'une végétation de savane. Par contre, le $\delta^{13}C$ des horizons spodiques indique sans ambiguïté une origine forestière des accumulations humiques. A la transition avec les sols ferrallitiques, une mesure sur un liseré organique séparant horizon B ferrallitique et E podzologique donne le même résultat. La matière organique contenue dans l'horizon E semble être en grande partie héritée d'épisodes forestiers antérieurs. Quant à la matière organique contenue dans la nappe d'eau (analyse effectuée sans filtration préalable), la valeur obtenue, bien qu'un peu faible, indique qu'elle provient pour l'essentiel de la solubilisation d'acides fulviques des horizons de surface. Un résultat important est ainsi mis en évidence :

— La végétation actuelle n'a joué aucun rôle dans la podzolisation. Les accumulations humiques sont fossiles, ce qui recoupe observations de terrain et les résultats des datations ^{14}C .

CONCLUSIONS

Les podzols développés sur sable Batéké constituent un type de formation pédologique encore peu connu. Tout au plus peut-on les rapprocher des podzols décrits sommairement par BRAMMER (1973) en Zambie : podzols parfaitement drainés, en position de terrasse, recouverts de savane, à profil très développé, accumulations humiques importantes, sous climat relativement sec. Par contre, ils semblent relativement différents de systèmes décrits en Amazonie (BOULET *et al.*, 1982 ; LUCAS *et al.*, 1983), où la podzolisation intervient par transformation des sols ferrallitiques en position plane sommitale.

La caractéristique essentielle de ces podzols demeure l'importance des accumulations humiques. Des valeurs de l'ordre de 2200 t/ha semblent exceptionnelles. Si on admet que ces accumulations se sont formées en 10 000 ans, on aboutit à des apports annuels moyens d'environ 220 kg/ha, sans tenir compte de la fraction — non mesurable — exportée latéralement par les eaux de drainage. On peut comparer ces chiffres à ceux fournis par STONE et McFEE (1965), cités in DUCHAUFFOUR (1983).

Ces auteurs ont mesuré la vitesse de podzolisation en condition initiale, sous climat tempéré, en milieu drainé très favorable, et obtenu des valeurs de l'ordre de 100 kg/ha/an, valeurs considérées comme très élevées.

En dehors de la description et de la caractérisation précise d'un type de podzol tropical, l'élément le plus important de cette étude est la mise en évidence d'une grande disharmonie entre les conditions de genèse de ces sols et l'environnement actuel.

- disharmonie avec l'environnement géomorphologique : formés en position de bas-fonds, les podzols de la région de Brazzaville sont actuellement en position de terrasse.
- disharmonie avec l'environnement végétal : formés sous couvert forestier, les podzols sont maintenant recouverts par une formation graminéenne basse.
- disharmonie avec l'environnement climatique : pendant la principale phase de podzolisation, au Njilien, le climat a été bien plus humide qu'actuellement.
- disharmonie avec l'environnement hydrologique : bien que formés en condition hydromorphe, de nombreux podzols sont actuellement bien drainés.

Ces « dis-podzols » constituent une couverture pédologique en déséquilibre avec l'environnement actuel. Il suit qu'il y a également disharmonie de fonctionnement dans le temps. L'histoire des podzols développés sur sables Batéké s'étend sur les quarante derniers millénaires. Pendant cette période, les phases de pédogenèse ont varié en liaison avec les paléoclimats — facteur qui à cette échelle de temps conditionne les autres facteurs de l'environnement.

Ce déséquilibre avec l'environnement actuel s'explique ici aisément si l'on considère que ces podzols se sont formés assez rapidement — ce qui est d'ailleurs fréquent pour ce type de sols — alors que leur histoire s'étend sur une période suffisamment longue pour que l'environnement ait changé. Ceci entraîne des modifications dans les processus de pédogenèse et de morphogenèse des paysages, ces derniers pouvant prendre pour un temps le pas sur les premiers. C'est sans doute des faits analogues qui expliquent, au moins partiellement, la diversité des milieux qu'occupent les podzols tropicaux, tant d'un point de vue climatique (KLINGE, 1969), que botanique (RICHARDS, 1941) et pédoclimatique (KLINGE, 1968).

RESUME

Les podzols développés sur sables Batéké en R.P. du Congo sont des formations pédologiques stationnelles que l'on rencontre dans les parties basses des paysages.

Sols à profil hypertrophié (« podzols géants »), ils se caractérisent notamment par l'importance des accumulations humiques, la quasi-absence de fer et le rôle primordial de l'aluminium, ce qui démontre le caractère hydromorphe de leur genèse.

Il s'agit de sols anciens, dans lesquels des divergences d'évolution conduisent à distinguer des podzols drainés et des podzols encore hydromorphes. Ils constituent en fait une couverture pédologique en déséquilibre avec l'environnement actuel. Celui-ci ne permet pas, en effet, de comprendre les étapes de leur formation, qu'une approche de reconstitution a permis de retracer.

BIBLIOGRAPHIE

- BABET V., 1933. — Exploration de la partie méridionale des plateaux Batéké. *Bull. Serv. Mines A.E.F.*, 1947, 3, 21-56.
- BOCQUIER G. et BOISSEZON P. de, 1959. — Note relative à quelques observations pédologiques effectuées sur le plateau Batéké (région du Pool, Rép. du Congo). ORSTOM, Brazzaville, 19 p.
- BOISSEZON P. de et GRAS F., 1970. — Notice explicative n° 44 : carte pédologique Sibiti-Est, Rép. du Congo Brazzaville, 1/500 000. ORSTOM, Paris, 144 p. + carte h.t.
- BOULET R., HUMBEL F.X. et LUCAS Y., 1982 a. — Analyse structurale et cartographique en pédologie. II. Une méthode d'analyse prenant en compte l'organisation tridimensionnelle des couvertures pédologiques. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.* XIX, 4, 323-339.
- BOULET R., HUMBEL F.X. et LUCAS Y., 1982 b. — Analyse structurale et cartographie en pédologie. III. Passage de la phase analytique à une cartographie générale synthétique. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.* XIX, 4, 341-351.
- BRAMMER H., 1973. — Podzols in Zambia. *Geoderma*, 10, 249-250.
- CAHEN L. et LEPERSONNE J., 1948. — Notes sur la géomorphologie du Congo Occidental. *Ann. Musée du Congo Belge, Sci. Géol.*, 1, Tervuren, Belgique, 95 p.
- DABIN B., 1971. — Etude d'une méthode d'extraction de la matière humique du sol. *Science du Sol*, 1, 47-63.
- DABIN B., 1981. — Les matières organiques dans les sols tropicaux normalement drainés. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, XVII, 3/4, 197-215.
- DECHAMPS R., LANFRANCHI R., LE COCQ A. et SCHWARTZ D., (à paraître). — Contribution à l'évolution des environnements quaternaires en R.P. du Congo : études de macro-fossiles végétaux.
- DESCOINGS B., 1960. — Les steppes loussékés de la zone de Gakouba (Plateau Batéké, Rép. Congo-Brazzaville). ORSTOM, Brazzaville, 34 p.
- DUCHAUFFOUR P., 1983. — *Pédologie*. Tome I : *Pédogenèse et classification*. Masson, Paris, 2^e édition, 491 p.

- GIRESSÉ P., LANFRANCHI R. et PEYROT B., 1981. — Les terrasses alluviales en République Populaire du Congo. *Bull. ASSEQUA, Dakar*, 43-66.
- HUMBEL F.X., 1964. — Etude de quelques dépressions circulaires à la surface d'un plateau sédimentaire en Côte d'Ivoire. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, II, 3, 27-42.
- JEANROY E., GUILLET B. et ORTIZ R., 1984. — Applications pédogénétiques de l'étude des formes du fer par les réactifs d'extraction : cas des sols brunifiés et podzolisés sur roches cristallines. *Science du Sol*, 3, 199-211.
- JUSTE C., 1965. — Contribution à l'étude de la dynamique de l'aluminium dans les sols acides du Sud-Ouest atlantique. *Thèse Doct. Ing. Fac. Sci. Nancy*, 142 p.
- KLINGE H., 1968. — *Report on tropical podzols*. F.A.O. Rome, IV, 88 p.
- KLINGE H., 1969. — Climatic conditions in lowland tropical podzols areas. *Tropical Ecology*, 10, 2, 222-239.
- KOECHLIN J., 1961. — La végétation des savanes dans le sud de la République du Congo. *Mém. ORSTOM n° 1*, Paris, 310 p.
- LE COCQ A., 1980. — Doc. diff. restreinte. ORSTOM, Brazzaville, 18 p.
- LE MARECHAL A., 1966. — *Contribution à l'étude des plateaux Batéké*. Géologie, Géomorphologie, Hydrogéologie. ORSTOM Brazzaville, 42 p.
- LUCAS Y., BOULET R. et CHAUVEL A., 1983. — Transition latosol-podzol sur formation Barreiras dans la région de Manaus (A.M., Brésil). *Comm. XIX Congr. bras. de Ciencia do solo*, Curitiba, Brésil, 9 p.
- RICHARDS P.W., 1941. — Lowland tropical podzols and their vegetation. *Nature*, 3744, 129-131.
- RIGHI D., 1977. — *Genèse et évolution des podzols et des sols hydromorphes des Landes du Médoc*. Thèse Doct. Etat, Univ. Poitiers, 144 p.
- RIGHI D. et GUILLET B., 1977. — Datations par le ^{14}C naturel de la matière organique d'horizons spodiques de podzols des Landes du Médoc (France). *Soil Organic Matter Studies II*, IAEA Vienna, 187-192.
- SCHWARTZ D., 1985. — *Histoire d'un paysage : le lousseke. Paléoenvironnement quaternaire et podzolisation sur sables Batéké (quarante derniers millénaires, région de Brazzaville, R.P. du Congo)*. Thèse Doct. Univ. Nancy I, 211 p.
- SCHWARTZ D., DELIBRIAS G., GUILLET B. et LANFRANCHI R., 1985. — Datations par le ^{14}C d'aliens humiques : âge njilien (40 000 - 30 000 B.P.) de la podzolisation sur sables Batéké (R.P. du Congo). *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 300, série II, 891-294.
- SCHWARTZ D., MARIOTTI A., LANFRANCHI R. et GUILLET B., 1986 a. — $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, ratios of soil organic matter as indicators of vegetation changes in the Congo. *Geoderma*, 39.2, 97-103.
- SCHWARTZ D., GUILLET B., VILLEMEN G. et TOUTAIN F., 1986 b. — Les aliés humiques des podzols tropicaux du Congo. Constituants, micro et ultra-structure. *Pédologie*, XXXVI, 2, 179-198.
- STONE E.L. et Mc FEE W.W., 1965 — *Soil Sc Soc Amer Proc.*, 29, 4, 432.
- TOUTAIN F., 1974. — *Etude écologique de l'humification dans les hêtraies acidiphiles*. Thèse Doct. Etat, Univ. Nancy I, 175 p.
- TURENNE J.F., 1975. — *Modes d'humification et différenciation podzologique dans deux toposéquences guyanaises*. Thèse Doct. Etat, Univ. Nancy I, 175 p. et Mémoire ORSTOM n° 84, Paris, 167 p. (1977).
- WELLS N. et NORTHEY R.D., 1985. — Strengths of a densipan, humus-pan and clay-pan in a Spodosol developed under kauri (*Agathis australia*) and the implication for soil classification. *Geoderma*, 35, 1, 1-13