

**INTERPRETATION DES RESULTATS D'ANALYSES DE SOL
EFFECTUEES POUR LE COMPTE DU CTFT**
(STATION DE NGOUA II, CHAILLU)

D. SCHWARTZ

Laboratoire de pédologie

ORSTOM

B.P. 1286

Pointe Noire

Pointe Noire, le 14/05/1991

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 34.854 ~~ex 1~~

Cpte : B

M P66 23 OCT. 1991

INTRODUCTION

Nous avons effectué du 28/01 au 02/02/1990 une mission à la station CTFT de Ngoua II. Le but premier de cette mission était d'effectuer une approche préliminaire des problèmes de croissance observés par le CTFT sur différentes espèces végétales. Nous en avons également profité pour répondre à d'autres questions posées par cet organisme : recherche de sables pour préparer des terres de pépinière, recherche de l'origine des forêts à Okoumés. Le présent rapport fait le point des différentes observations de terrain et résultats d'analyse obtenus.

I. RECHERCHE DE SABLES POUR LA PEPINIERE CTFT

Ces sables seront mélangés à du terreau pour constituer une terre artificielle destinée être mise en pots. Le CTFT souhaite avoir du sable relativement grossier pour que la terre finale soit très filtrante. Quatre échantillons de sables de rivière nous ont été soumis : savane SMR, Lemony, Bouka, Cimetière. L'échantillon BOUKA est constitué de sables blancs, provenant sans doute de la désagrégation et du transport des grès bouenziens. Les autres échantillons sont constitués de sables couverts d'une pellicule plus ou moins importante de fer.

Les échantillons ont été dans un premier temps traités au pyrophosphate N/10 pour disperser les argiles, puis lavés dans un tamis de 50 μ pour éliminer les fractions limons + argiles. Ils ont ensuite été séparés en fractions par tamisage à sec. Les échantillons comprennent, outre les sables stricto sensu (2000 - 50 μ), des graviers (2-20 mm). Un prétraitement à l'eau oxygénée n'a pas été utile, les échantillons étant très pauvre en matière organique.

Les résultats sont présentés sur le tableau I et les figures 1 à 4. Pour chaque échantillon figure dans le tableau I, la répartition en grammes par fraction, le poids cumulé, le pourcentage par fraction et le pourcentage cumulé (fractions < 50 μ exclues).

Les échantillons BOUKA, CIMETIERE et SMR sont essentiellement composés de sables fins, mal triés pour le premier de ces trois échantillons, bien triés pour le second et relativement bien triés pour le troisième. Par contre, 70 % de l'échantillon LEMONY (fig. 1) est compris entre les fractions 4000 et 500 μ . Les fractions inférieures à 250 μ représentent moins de 10 % du total.

C'est donc le site sur lequel a été prélevé cet échantillon LEMONY qui doit être retenu en priorité pour extraire le matériau destiné à la pépinière CTFT. Il conviendrait toutefois de vérifier l'homogénéité des dépôts sableux. De grandes variations peuvent en effet exister à courte distance le long des ruisseaux de faible débit.

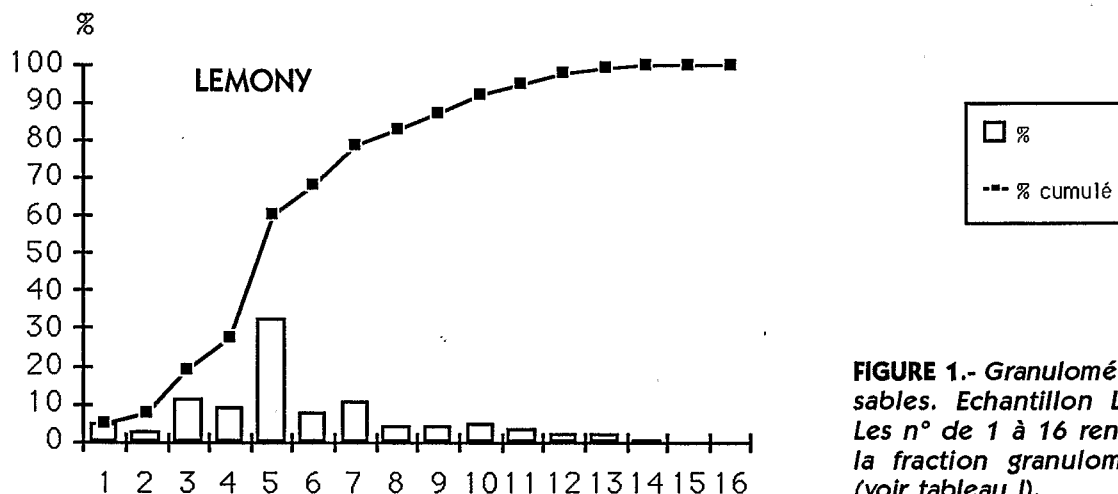


FIGURE 1.- Granulométrie des sables. Echantillon LEMONY. Les n° de 1 à 16 renvoient à la fraction granulométrique (voir tableau I).

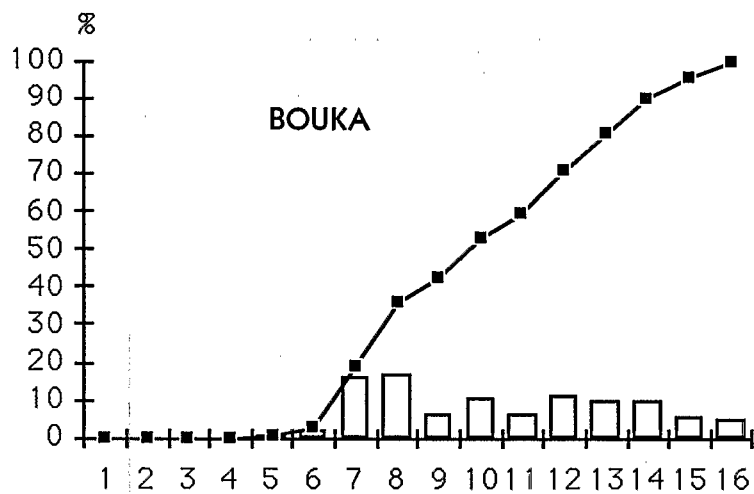


FIGURE 2.- Granulométrie des sables. Echantillon BOUKA.

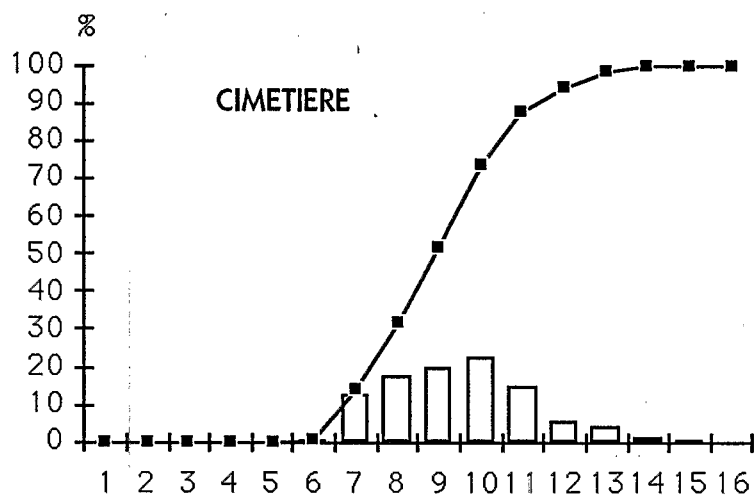


FIGURE 3.- Granulométrie des sables. Echantillon CIMETIERE.

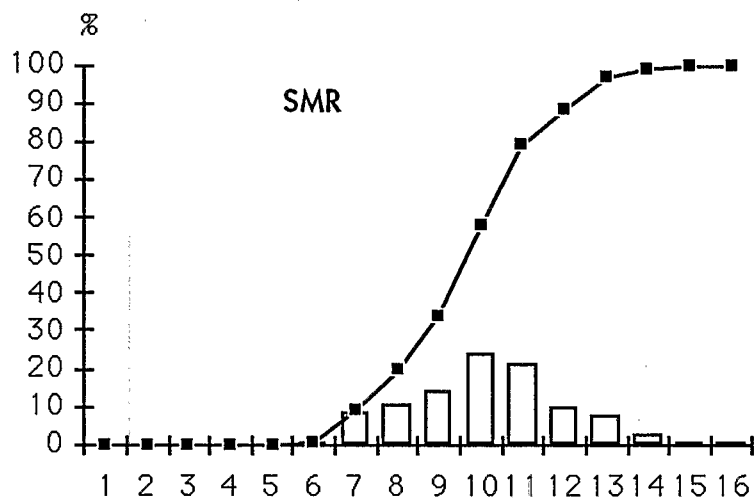


FIGURE 4.- Granulométrie des sables. Echantillon SMR.

	n° fraction	1	2	3	4	5	6	7	8
	μ	> 5000	5000-4000	4000-2500	2500-2000	2000-1000	1000-800	800-500	500-400
SMR	poids (g)	0	0	0,13	0,02	0,34	1,3	19,95	25,63
	poids cumulé	0	0	0,13	0,15	0,49	1,79	21,74	47,37
	%	0	0	0,05	0,01	0,14	0,55	8,4	10,79
	% cumulé	0	0	0,05	0,06	0,2	0,75	9,15	19,94
LEMONY	poids (g)	11,76	6,79	27,18	21,96	80,33	18,29	26,5	10,48
	poids cumulé	11,76	18,55	45,73	67,69	148,02	166,31	192,81	203,29
	%	4,79	2,77	11,07	8,95	32,73	7,45	10,8	4,27
	% cumulé	4,79	7,56	18,63	27,58	60,31	67,76	78,56	82,83
BOUKA	poids (g)	0	0	0,18	0,1	1,57	4,8	36,38	38,9
	poids cumulé	0	0	0,18	0,28	1,85	6,65	43,03	81,93
	%	0	0	0,08	0,04	0,69	2,12	16,02	17,13
	% cumulé	0	0	0,08	0,12	0,81	2,93	18,95	36,08
CIMETIERE	poids (g)	0	0	0	0,02	0,3	1,26	24,98	34,33
	poids cumulé	0	0	0	0,02	0,32	1,58	26,56	60,89
	%	0	0	0	0,01	0,16	0,65	12,96	17,81
	% cumulé	0	0	0	0,01	0,17	0,82	13,78	31,59

	n° fraction	9	10	11	12	13	14	15	16	
	μ	400-315	315-250	250-200	200-160	160-125	125-100	100-80	80-50	< 50 μ
SMR	poids (g)	33,56	57,12	49,58	23,08	18,63	5,74	1,69	0,78	12,14
	poids cumulé	80,93	138,05	187,63	210,71	229,34	235,08	236,77	237,6	-
	%	14,13	24,04	20,88	9,71	7,84	2,42	0,71	0,33	-
	% cumulé	34,07	58,11	78,99	88,7	96,54	98,96	99,67	100	-
LEMONY	poids (g)	9,31	12,37	8,12	5,62	4,08	1,73	0,52	0,39	3,88
	poids cumulé	212,6	224,97	233,09	238,71	242,79	244,52	245,04	245,4	-
	%	3,79	5,05	3,3	2,29	1,66	0,71	0,17	0,2	-
	% cumulé	86,62	91,67	94,97	97,26	98,92	99,63	99,8	100	-
BOUKA	poids (g)	14,81	23,76	14,56	25,42	22,32	20,97	12,4	10,9	22,68
	poids cumulé	96,74	120,5	135,06	160,48	182,8	203,77	216,17	227,1	-
	%	6,54	10,47	6,41	11,19	9,83	9,44	5,46	4,8	-
	% cumulé	42,6	53,07	59,48	70,67	80,5	89,74	95,2	100	-
CIMETIERE	poids (g)	37,96	42,88	27,8	11,24	8,57	2,4	0,65	0,37	6,49
	poids cumulé	98,85	141,73	169,53	180,77	189,34	191,74	192,39	192,8	-
	%	19,69	22,25	14,42	5,83	4,44	1,25	0,33	0,2	-
	% cumulé	51,28	73,53	87,95	93,78	98,22	99,47	99,8	100	-

TABLEAU I.- Résultat des granulométries de sables

II. ORIGINE DES FORETS A OKOUMES

A proximité de Ngoua II se trouvent des forêts extrêmement riches en Okoumés. Le CTFT s'est demandé quelle était l'origine de ces forêts, une des hypothèses étant celle d'une reprise forestière rapide sur des savanes ou sur des défriches agricoles. L'Okoumé est en effet une essence de lumière au tempérament de pionnier bien connu (Aubrèville, 1962), et sa présence en grand nombre sur une surface importante suggère en effet une reprise forestière sur un espace découvert.

1. Principe et méthode de mesure

Une méthode est particulièrement adaptée à ce genre d'études. Il s'agit de la mesure de la composition isotopique en $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ des humus. Le principe de cette méthode repose sur le fait que la teneur en ^{13}C des végétaux varie selon le type de photosynthèse (Bender, 1971; Smith et Epstein, 1971). Les herbacées des régions tempérées et froides, et tous les arbres photosynthétisent en mode C_3 (cycle de Calvin), et incorporent moins de ^{13}C que les plantes en C_4 , nombreuses parmi les Cypéracées et Graminées tropicales.

Le contenu en ^{13}C d'un échantillon est exprimé en :

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

où ^{13}R est le rapport isotopique $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ et l'étalon est le standard international PDB.

Les plantes en C_3 présentent des $\delta^{13}\text{C}$ de l'ordre de -26 ‰ , celles en C_4 de -12 ‰ . La minéralisation de la matière organique des sols et les processus pédogénétiques intervenant lors de l'évolution des humus n'introduisent que de faibles variations du contenu en ^{13}C : ainsi, la matière organique d'un

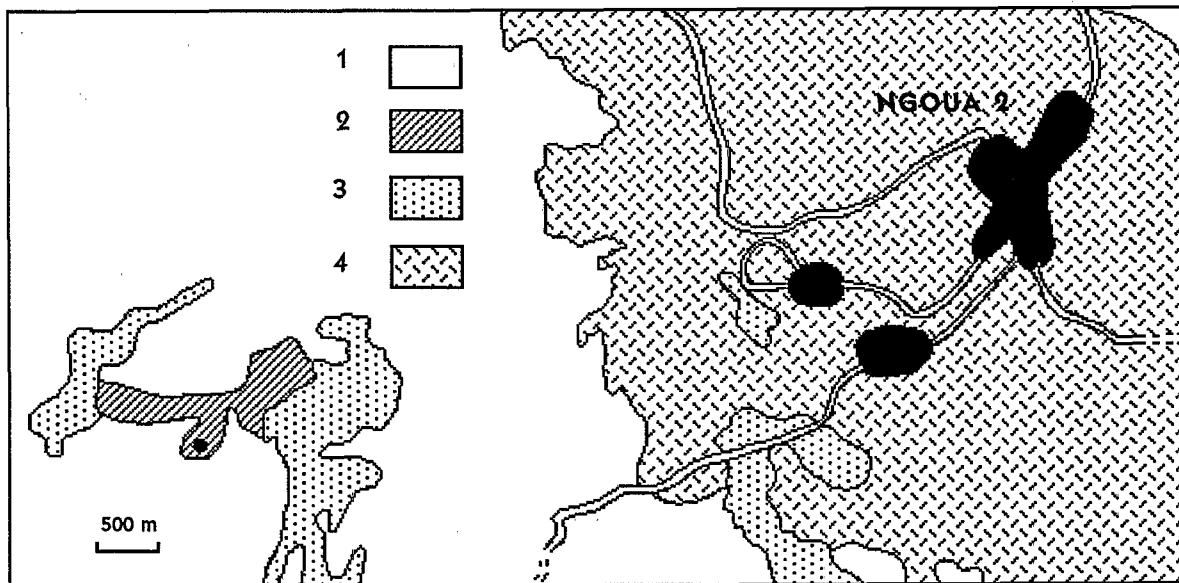


FIGURE 5.- Localisation de la forêt à Okoumé étudiée. 1: forêt dense; 2: forêt à Okoumés; 3: savane; 4: zone agricole

sol en équilibre avec une végétation de type photosynthétique donné a un $\delta^{13}\text{C}$ très voisin de celui de la végétation dont elle est issue. Au Congo, Schwartz *et al.* (1986) ont ainsi montré que l'on peut opposer sans ambiguïté les humus formés sous forêts et ceux formés sous savanes, où les espèces en C_4 dominent très largement.

Les échantillons analysés proviennent d'une forêt à Okoumés qui fait la jonction entre deux savanes incluses dans le massif forestier, à l'ouest de Ngoua 2 (fig. 5). Il s'agit des échantillons notés OKO. Trois séries d'échantillons proviennent de deux savanes témoins, l'une sur sol argileux (échantillons CCAF), l'autre sur sol sableux (échantillons NG), ainsi que d'une forêt témoin située sur la route de Mougoundou (échantillon MOU).

2. Résultats.

Le résultat des mesures apparaît sur le tableau II et la figure 6 (p. 8).

* La forêt témoin (MOU) présente un profil $\delta^{13}\text{C}$ typiquement forestier. En surface, le $\delta^{13}\text{C}$ est de l'ordre de $-27,5 \text{ ‰}$; en profondeur, il s'élève vers $-25,0 \text{ ‰}$, valeur à laquelle il se stabilise. Cette très légère augmentation du $\delta^{13}\text{C}$ en profondeur s'explique par des changements de la valeur du $\delta^{13}\text{C}$ du CO_2 atmosphérique pendant les derniers 150 ans. L'utilisation de plus en plus importante de combustibles fossiles a en effet légèrement abaissé la valeur du CO_2 atmosphérique, source du carbone des plantes (effet Suess).

* La savane CCAF présente également un profil typique. Le $\delta^{13}\text{C}$ de l'horizon de surface est de $-13,8 \text{ ‰}$, valeur typiquement savanicole. En profondeur, le $\delta^{13}\text{C}$ s'abaisse légèrement. Cet abaissement est général dans toutes les savanes, même dans celles dont l'âge se chiffre en dizaine de milliers d'années. Il pourrait être dû à la structure de la végétation. En effet, les racines de graminées sont plus superficielles que celles des arbustes de savanes, et la part respective de la matière organique humifiée en provenance de ces derniers (plantes en C_3) s'accroît donc avec la profondeur, avec des incidences évidentes sur les valeurs du $\delta^{13}\text{C}$ (Schwartz, travaux en cours).

* le $\delta^{13}\text{C}$ de l'humus de la savane NG est de $-17,4 \text{ ‰}$. Cette valeur, anormalement basse pour une savane, s'explique par le fait qu'il s'agit d'une savane arborée. En profondeur, l'évolution est classique.

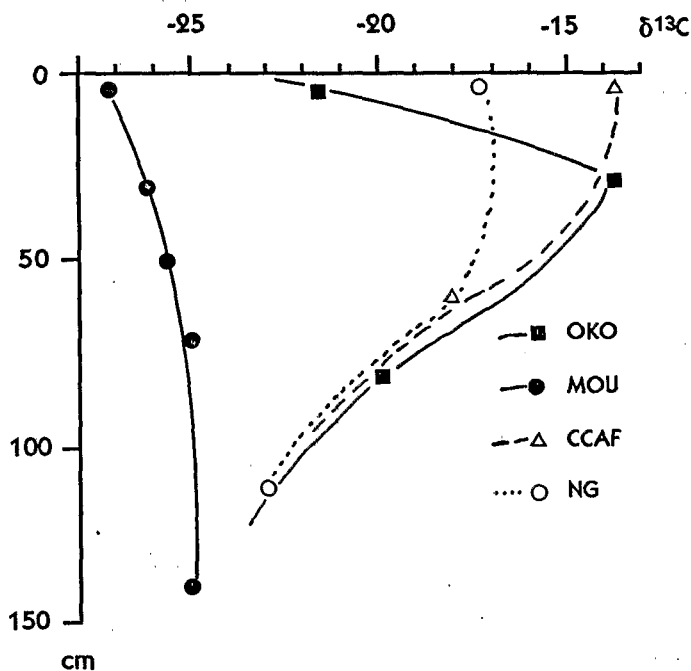
* le $\delta^{13}\text{C}$ de l'humus de la forêt à Okoumés est de $-21,7 \text{ ‰}$. Cette valeur, intermédiaire entre celles de savanes et de forêts pures ne peut en aucun cas correspondre à une forêt ancienne. Elle ne peut s'expliquer que si la forêt a succédé récemment à une savane. Ce point est amplement conforté par la valeur du $\delta^{13}\text{C}$ à 30 cm de profondeur ($= -13,7 \text{ ‰}$) qui demeure encore typiquement savanicole.

3. Conclusion

Il est clair au vu des résultats précédents, que cette forêt à Okoumés est très récente, et qu'elle a succédé à de la savane et non à un défrichement de la forêt. On peut considérer que l'ensemble, formé par les deux savanes incluses et la forêt à Okoumés, représenté sur la figure 5 était il y a encore peu une seule et même savane. L'âge de cette forêt, peut être approché de la manière suivante :

En prenant des bornes égales à $-13,7$ et $-27,5 \text{ ‰}$ pour les valeurs typiques de la savane et de la forêt, le $\delta^{13}\text{C}$ de $-21,7 \text{ ‰}$ de l'humus de la forêt à Okoumés signifie qu'il est forestier pour environ 60 % de sa composition. Le turn-over de la matière organique des humus dans les forêts congolaises peut être grossièrement évalué entre 40 et 80 années. Cette forêt à Okoumés aurait ainsi entre 24 et 48 ans. Il s'agit d'un phénomène donc tout à fait perceptible à l'échelle humaine. Il conviendrait à notre sens de préciser l'âge de cette forêt, d'une part en mesurant directement l'âge des Okoumés les plus anciens, d'autre part en précisant la valeur exacte du turn-over grâce à une mesure de l'âge moyen ^{14}C de cet humus et en comparant ces deux méthodes.

Ces données confortent des résultats analogues obtenus dans le Mayombe, où l'existence de peuplements quasiment purs d'Okoumés avait été interprétée comme le témoignage d'une avancée très rapide de la forêt sur la savane, pour des raisons encore non élucidées (Foresta, 1990; Schwartz *et al.*, à paraître).



n° échantillon	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
OKO 1-1 (0-10 cm)	-21,7
OKO 1-2 (30 cm)	-13,7
OKO 1-3 (80 cm)	-19,8
CCAF 1-1 (0-10 cm)	-13,8
CCAF 1-4 (60 cm)	-18,3
NG 1 (0-10 cm)	-17,4
NG 4 (110 cm)	-23,0
MOU 2-1 (0-10 cm)	-27,3
MOU 2-2 (30 cm)	-26,3
MOU 2-3 (50 cm)	-25,4
MOU 2-4 (70 cm)	-25,1
MOU 2-7 (140 cm)	-25,0

FIGURE 6 et TABLEAU II.- Variations du $\delta^{13}\text{C}$ des différentes formations végétales en fonction de la profondeur. MOU = forêt ancienne; CCAF et NG = savanes; OKO = forêt à Okoumés.

III.- PROBLEMES DE CROISSANCE DES ESPECES LIGNEUSES DANS LES PLANTATIONS

1. Objectif et méthodes.

Les observations effectuées par le CTFT montrent que la croissance de nombreuses espèces est très hétérogène au sein d'une même plantation, et plus particulièrement dans les plantations en savane. Les arbres poussent très bien dans certaines plages de faibles dimensions, quelques ares au maximum, tandis qu'à proximité immédiate d'autres plages sont occupées par des arbres chétifs. Cette hétérogénéité peut *a priori* résulter de différents facteurs. L'une des hypothèses à vérifier est de savoir si ces hétérogénéités sont de nature édaphique.

Deux voies principales ont été choisies.

La première est une observation directe, dans des fosses pédologiques, des caractéristiques physiques du sol : profondeur, horzontation, éventuelles traces d'hydromorphie, porosité et compacité, activité biologique. Des prélèvements ont également été effectués pour mesurer la densité apparente des sols. Ces facteurs sont en effet tous susceptibles d'influer sur l'enracinement et la croissance.

La deuxième consistait en l'étude des caractéristiques chimiques du sol. Dans le cadre d'une étude préliminaire il n'était pas possible d'étudier de façon très approfondie toutes les caractéristiques chimiques du sol. Nous avons retenu les trois facteurs qui nous paraissaient prioritaires : le pH (facteur intégrateur des conditions édaphiques), les teneurs en aluminium échangeable (qui peuvent conditionner dans certains cas une toxicité importante) et phosphore total (qui, lorsqu'elles sont anormalement hautes peuvent révéler une implantation anthropique ancienne, susceptible d'avoir modifié les facteurs édaphiques).

Nous nous sommes plus particulièrement attachés à décrire une parcelle de Bilinga en savane. Cette parcelle présentait en effet de très importantes variations de croissance en quelques mètres de distance. Deux couples de stations "bonne croissance - mauvaise croissance" (respectivement BIL 1 - BIL 2, et BIL 3 - BIL 4) ont été choisis sur cette parcelle. Nous avons également analysé une parcelle de Limba sur défriche forestière, et des témoins de savane.

2. Caractéristiques physiques des sols. Comparaison des parcelles sous Bilinga.

Cinq fosses ont été décrites. Aux alentours immédiats des fosses BIL 1, BIL 4 et BIL 5, les Bilinga poussent bien, tandis qu'autour des fosses BIL 2 et 3, ils poussent mal. Les fosses BIL 1 et 2 ont été prélevées sur toute leur épaisseur; dans les fosses BIL 3, 4 et 5 seul l'humus a été prélevé.

L'observation de terrain montre que les sols des différentes fosses sont très proches les uns des autres. Les différences qui apparaissent ne semblent pas pouvoir expliquer les différences de croissance :

* l'épaisseur des horizons au dessus des horizons gravillonnaires, obstacle physique à la pénétration des racines, n'est pas un facteur discriminant. Dans les fosses BIL 1 (bonne croissance) et BIL 3 (faible croissance), les gravillons apparaissent à plus d'un mètre de profondeur, tandis que dans les fosses BIL 2 (faible croissance) et BIL 4 (bonne croissance), ils apparaissent entre 50 et 70 cm de profondeur. Les écarts inter-couples sont plus importants que les écarts intra-couples.

* les mesures de densité apparente effectuées sur le seul couple BIL 1 - BIL 2 montrent que cette densité est plus importante que sous le témoin de savane, mais qu'aucune différence significative apparaît entre les deux membres du couple (fig. 7).

* aucune trace d'hydromorphie n'a été relevée dans les fosses. La porosité d'ensemble est fine, relativement élevée. La compacité, estimée au couteau, ne varie guère d'une fosse à l'autre.

D'autre part, l'étroite imbrication des plages de bonne et de faible croissance, leur faible dimension, le passage de l'une à l'autre en quelques mètres seulement suggèrent que des facteurs comme les flux hydriques dans le sol ne pourraient intervenir pour expliquer les différences de croissance que si l'écoulement de l'eau était essentiellement vertical et lié à des phénomènes pseudokarstiques. Aucune observation sur la morphologie des reliefs et des sols ne permet de conclure à l'existence de tels phénomènes.

En résumé, il est quasiment certain que les différences de croissance observées ne sont pas liées à des facteurs édaphiques d'ordre physique.

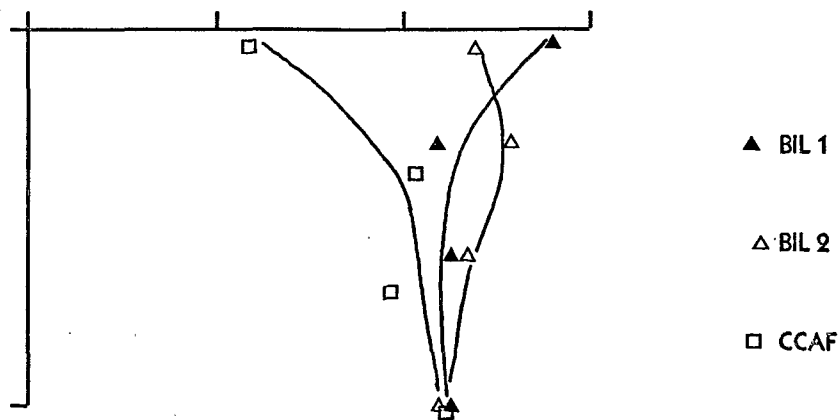


FIGURE 7.- Mesures de densité apparente sur les stations BIL 1 (bonne croissance), BIL 2 (faible croissance) et CCAF (savane témoin).

3. Caractérisation des propriétés chimiques des sols

Les mesures de pH, phosphore total et aluminium échangeable ont été effectuées sur l'ensemble des sols observés.

a. pH eau et pH KCl (tableau III)

A l'exception des échantillons LIMPL (Limba plantés sur défriche forestière), qui semblent avoir bénéficié d'un amendement calcique, les pH sont très acides.

Le pH eau est compris entre 4,3 et 5,2, le pH KCL entre 3,5 et 4,1. L'écart entre les deux mesures, de l'ordre de 0,8 unité suggère que les électrolytes négatifs (matière organique, silice) prédominent sur les électrolytes positifs (Al^{3+} notamment). Les pH s'élèvent logiquement en profondeur. Mais ils demeurent toutefois très acides, et témoignent ainsi de la forte désaturation du complexe absorbant.

Les sols argilo-sableux (sols ferrallitiques fortement désaturés, typiques, jaunes) de forêt ou de savane semblent légèrement plus acides que les sols sableux (sols ferrallitiques fortement désaturés, psammitiques).

Les pH eau et KCL des parcelles de BILINGA sont absolument comparables entre eux, et n'expliquent donc pas les différences de croissance.

b. P_2O_5 total (tableau III)

Par définition, le phosphore total comprend l'intégralité du phosphore présent dans le sol, y compris celui des minéraux encore non altérés. Il ne permet donc pas une mesure directe de la fertilité du sol.

Nous avons procédé à cette détermination en nous fondant sur l'hypothèse que les taches de forte croissance pourraient être liées à une occupation humaine passée, dont une des conséquences est d'augmenter très ponctuellement la fertilité, par des apports très concentrés dans l'espace d'éléments fertilisants (phosphore, azote, mais également cations) provenant notamment de la décomposition des multiples déchets des activités quotidiennes. Le phosphore est, par sa très faible mobilité dans le sol, un excellent indicateur d'une présence humaine prolongée, au point que la *Soil Taxonomy* américaine définit l'épipédon anthropique par sa forte teneur en phosphore.

Les teneurs relevées ici varient entre 0,35 et 0,60 ‰, plus généralement entre 0,45 et 0,57 ‰ pour l'horizon de surface. De telles teneurs sont incompatibles avec l'hypothèse d'une occupation humaine privilégiée des plages à forte croissance. L'ordre de grandeur des teneurs en phosphore total (exprimé en P_2O_5) des zones fortement anthropisées est en effet de 0,5 à 1,5 %. On peut donc rejeter sans ambiguïté cette hypothèse. En profondeur, les teneurs diminuent légèrement et oscillent entre 0,3 et 0,4 ‰.

Par rapport à diverses mesures sur des sols du Congo, les teneurs relevées ici sont relativement faibles. Si l'on excepte les sols sableux de la région de Brazzaville, où les teneurs sont de l'ordre de 0,3 ‰, les quantités de phosphore total relevées par différents pédologues sur le territoire congolais sont de l'ordre de 0,5 à 2,0 ‰ dans les horizons de surface. Toutefois, même faibles dans l'absolu ces valeurs ne sont pas négligeables. Elles seraient, si l'on se réfère à Boyer (1982) tout à fait compatibles avec certaines cultures, à la restriction près que les échelles de fertilité en P_2O_5 sont sujettes à caution. On remarquera ainsi, que les échantillons les mieux pourvus sont les échantillons LIMPL qui correspondent à une plantation où la croissance des limba est bonne (malgré des facteurs physiques relativement défavorables, puisque l'horizon gravillonnaire commence dès la surface du sol). Le phosphore total ne semble pas être le facteur discriminant des différences de croissance des Bilinga. L'échantillon BIL 1-1 (bonne croissance) est certes bien mieux pourvu que BIL 2-1 (faible), mais BIL 3-1 (faible) est aussi bien pourvu en phosphore que BIL 4 (bonne) ou BIL 5 (bonne) et bien mieux que BIL 1-1 (bonne). En profondeur, les stations BIL 1 et BIL 2 ne montrent aucune différence.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	échantillon n°	profondeur (cm)	sol	végétation	pH eau	pH KCL	P2O5 ‰	Al éch.
2								
3	NG 1	0-10	sableux	savane	5	4	0,45	1,05
4	NG 2	30-40	"	"	5	4,1	0,34	1,02
5	NG 3	70-80	"	"	5,2	4,1	0,41	0,72
6	NG 4	110	"	"	5,5	4,2	0,38	0,54
7								
8	OKO 1-1	0-10	argilo-sableux	for. Okoumés	4,4	3,5	0,35	4,11
9	OKO 1-2	30	"	"	4,5	3,7	0,3	3,55
10	OKO 1-3	80	"	"	5,3	3,8	0,28	3,44
11								
12	CCAF 1-1	0-10	"	savane	4,5	3,6	0,47	3,47
13	CCAF 1-2	16-27	"	"	4,9	3,8	0,33	2,62
14	CCAF 1-3	45	"	"	4,9	3,9	0,28	0,69
15	CCAF 1-4	60	"	"	5,1	3,8	0,3	2,84
16								
17	LIMPL 1-1	0-10	"	plant. Limba	6,6	5,7	0,6	traces
18	LIMPL 1-2	30-40	"	"	5,1	3,8	0,46	1,75
19								
20	BIL 1-1	0-10	"	plant. Billinga	4,8	3,7	0,46	0,99
21	BIL 1-2	30	"	"	4,7	3,8	0,43	1,43
22	BIL 1-3	60	"	"	5,2	3,8	0,4	1,8
23	BIL 1-4	100	"	"	4,9	3,9	0,39	1,63
24								
25	BIL 2-1	0-10	"	"	4,8	3,9	0,38	1,62
26	BIL 2-2	30	"	"	4,6	3,8	0,38	1,58
27	BIL 2-3	60	"	"	4,8	3,8	0,39	1,76
28								
29	BIL 3-1	0-10	"	"	4,7	3,6	0,53	1,91
30								
31	BIL 4	0-10	"	"	4,7	3,6	0,54	1,95
32								
33	BIL 5	0-10	"	"	4,7	3,7	0,57	1,35

TABLEAU III.- Mesures des pH eau et KCl, P₂O₅ total (en ‰) et Aluminium échangeable (en milliéquivalents/100 g de sol = me/100 g).

c. L'aluminium échangeable

L'aluminium échangeable est l'aluminium ionique Al³⁺, qui se fixe sur le complexe absorbant des sols. Sa présence en abondance dans les sols acides peut induire des toxicités redoutables. Ce n'est qu'à des pH eau inférieur à 5 qu'il devient abondant. Mais cette abondance est étroitement liée au type de sol, et les échelles de toxicité établies ne peuvent de valeur que régionale. Pour le Congo il n'y en a pas à l'heure actuelle. Ces échelles sont parfois directement définies par rapport à la teneur absolue en Al échangeable. Dans d'autre cas, on utilise le rapport de Kamprath [$m = \text{Al} / (\text{Al} + \text{somme des bases échangeables}) \cdot 100$] qui semble mieux correspondre à la réalité. D'autre part, ces échelles varient bien entendu également avec les plantes. Le théier et la canne à sucre ont ainsi des seuils de tolérance assez élevés, tandis que le tabac et le soja y sont très sensibles. Il serait donc utile ici de connaître les seuils de tolérance des Limba et Billinga.

Toutefois, les teneurs relevées à l'analyse ne sont pas particulièrement élevées et demeurent inférieures à 2 me/100 g, à l'exception des échantillons de la forêt à Okoumés et de la savane CCAF. On notera que dans la plantation de Limba, l'amendement calcique qui a élevé le pH a quasiment fait disparaître l'aluminium échangeable de l'horizon de surface, ce qui est tout à fait classique. On mesure ainsi directement l'intérêt des amendements qui sont un moyen facile d'éviter la toxicité aluminique dans les horizons de surface, mais non dans les horizons plus profonds qui peuvent constituer une "barrière" chimique. D'une façon générale ces "barrières" sont plus importantes pour les espèces agricoles que pour les espèces forestières.

En ce qui concerne les échantillons de Bilinga, on note que la teneur en Al échangeable de l'échantillon BIL 1-1 (bonne croissance) est effectivement moins élevée que celle de l'échantillon correspondant BIL 2-1 (croissance faible). Pour les horizons plus profonds, on ne relève guère de différence entre les deux membres de ce couple de stations. Pour le couple BIL 3 (faible croissance) et BIL 4 (bonne croissance) on ne relève aucune différence, l'échantillon BIL 5 (bonne croissance) ayant pour sa part des teneurs légèrement plus basses.

Il ne semble donc pas que la teneur en aluminium échangeable soit un facteur directement responsable des différences de croissance entre stations de Bilinga, cette conclusion devant toutefois être tempérée par le fait qu'en l'absence de mesures sur la somme des bases échangeables, nous n'avons pas établi le rapport de Kamprath.

d. conclusion sur les facteurs chimiques

Les facteurs chimiques étudiés ici ne donnent pas de résultats immédiats permettant de comprendre les différences de croissance enregistrées sur les différentes stations de Bilinga.

Par ailleurs, au vu de l'acidité des sols analysés, un amendement calcique dans les plantations ne peut qu'apporter un "plus". La parcelle de Limba en est l'illustration. Malgré des facteurs physiques défavorables (présence d'un horizon très riche en gravillons et compact dès la surface), la croissance y est bonne. Les valeurs élevées du pH, l'absence d'aluminium échangeable et les teneurs relativement élevées en phosphore total n'y sont sans doute pas étrangers, même si cette explication est sans aucun doute partielle.

4. Conclusion sur les facteurs édaphiques

Les analyses effectuées, qu'il faut considérer comme une simple approche préliminaire, ne permettent pas d'apporter de réponse claire aux différences de croissance relevées dans les parcelles de Bilinga.

Il est cependant peu probable que ces différences soient liées à des facteurs relevant de la physique du sol.

La mesure des teneurs en phosphore total permet également d'exclure une origine anthropique des taches de forte croissance.

On ne peut par ailleurs exclure totalement une origine chimique de ces différences de croissance. Il faudrait pour cerner les facteurs responsables entreprendre de nouvelles analyses selon un protocole de prélèvement plus rigoureux et compléter les mesures par de nouvelles analyses, notamment la mesure de la capacité d'échange et des bases échangeables.

IV.- CONCLUSION GENERALE

L'ensemble des analyses effectuées pour le CTFT permet d'apporter à cet organisme des réponses précises sur quelques points particuliers. Il en est ainsi des granulométries de sables effectuées en vue de l'extraction de sables grossiers :

* En ce qui concerne la granulométrie des sables, il est tout à fait possible d'obtenir des sables grossiers à partir de la station d'où proviennent les échantillons LEMONY. Un simple tamisage à l'eau (sur le terrain éventuellement) suffit pour éliminer les fractions indésirables. Il faut noter que les fractions inférieures à 200 μ ne représentent pas 10 % du total. Il faudrait par ailleurs évaluer les potentialités de la station LEMONY par rapport aux besoins exprimés par la pépinière CTFT.

* Pour ce qui est de l'origine des forêts à peuplements importants d'Okoumés, il est clair que celles-ci sont issues de l'évolution rapide d'une portion de savane en forêt. Alors que, d'une manière plus générale la progression forestière dans les savanes incluses se fait au Congo par grignotage progressif de la savane à partir du front pionnier représenté par les lisières, on assiste dans certains cas, aussi bien dans le Chaillu que dans le Mayombe, à une reforestation complète de savanes, à partir d'un envahissement arboré sur toute leur surface. Les raisons de cette évolution rapide restent à cerner. Il s'agit d'un point certainement essentiel pour mieux comprendre la dynamique des peuplements purs d'Okoumés, pouvant, qui de plus est, avoir des répercussions économiques.

Par contre, les réponses apportées aux problèmes de croissance relevés sur certaines plantations sont plus nuancées. Il semble presque exclu que les différences de croissance soient liées à des phénomènes relevant de la physique du sol. Nous pouvons également exclure une origine anthropique des plages de forte croissance. Nous ne pouvons par contre pas entièrement exclure un lien avec des caractéristiques chimiques du sol, les analyses effectuées ici étant insuffisantes pour conclure de façon formelle.

Toutefois, avant d'entreprendre des études plus approfondies à ce niveau, il conviendrait certainement à notre avis d'explorer d'autres pistes, et plus particulièrement celle des problèmes de parasitisme. La disposition en taches étroitement imbriquées, et de faible dimension, des zones de bonne ou faible croissance suggère en effet dans ces sols relativement homogènes que les problèmes de croissance sont liés à des attaques de nématodes ou autres parasites plus qu'à des phénomènes édaphiques.

REFERENCES CITEES

- AUBREVILLE A., 1962.- Savanisation tropicale et glaciations quaternaires. *Adansonia*, 2, 1, 16-84.
- 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.
- BOYER J., 1982.- Les sols ferrallitiques. Tome X : facteurs de fertilité et utilisation des sols. ORSTOM, Paris, collect. IDT, n° 52, 384 p.
- FORESTA H. de, 1990.- Origine et évolution des savanes intramayombiennes (R.P. du Congo). II. Apports de la botanique forestière. In: R. Lanfranchi et D. Schwartz (éds.), *Paysages quaternaires de l'Afrique Centrale atlantique*. ORSTOM, Paris, p. 326-335.
- D. SCHWARTZ, H. de FORESTA, A. MARIOTTI, J.P. MASSIMBA et C. GIRARDIN C., à paraître.- Present dynamics of the savanna-forest boundary in the Congolese Mayombe. A pedological, botanical and isotopic (^{13}C) study. (soumis à *Plant and Soil*).
- 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.