RESULTATS D'ANALYSES CHIMIQUES

SUR LA FOSSE A DU SITE IBSRAM A LOUDIMA (CONGO).

B. Barthès, B. Nyeté & C. Hartmann. DGRST-ORSTOM, Brazzaville
janvier 1993

REFERENCE 238 - LESC 01/93

AVANT-PROPOS

Dans le cadre d'un programme initié et financé par l'IBSRAM (International Board for Soil Research and Management), la DGRST (Direction Générale de la Recherche Scientifique et Technique) du Congo a mis en place un dispositif agronomique expérimental de 2 ha sur le domaine du CRAL (Centre de Recherche Agronomique de Loudima), dans la vallée du Niari au Congo.

Cette recherche se propose de comparer des systèmes de culture plus ou moins intensifiés à base manioc, avec pour objectifs:
- la détermination des conditions d'une exploitation optimale et durable de sols ferrallitiques argileux comme ceux du Niari;
- l'étude du fonctionnement et de l'évolution de ces sols après leur mise en culture.

Plusieurs équipes de la DGRST et de l'ORSTOM (Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération) sont associées dans la mise en oeuvre de ce programme pluridisciplinaire.

1. PRESENTATION

On étudie 4 fosses sur le site IBSRAM de Loudima, les fosses A, B, C et D. Ces fosses sont alignées dans la pente, distantes de 45 mètres environ, et traversent la partie du dispositif actuellement en culture en son milieu (Fig. 1).

Des prélèvements pour analyses chimiques avaient été effectués en mai 1992 , donc à la fin des pluies, sur les 3 fosses B, C et D (Barthès & al., 1992b). Ces prélèvements avaient été effectués aux profondeurs suivantes: 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm, 20-25 cm, 25-30 cm et 30-40 cm.

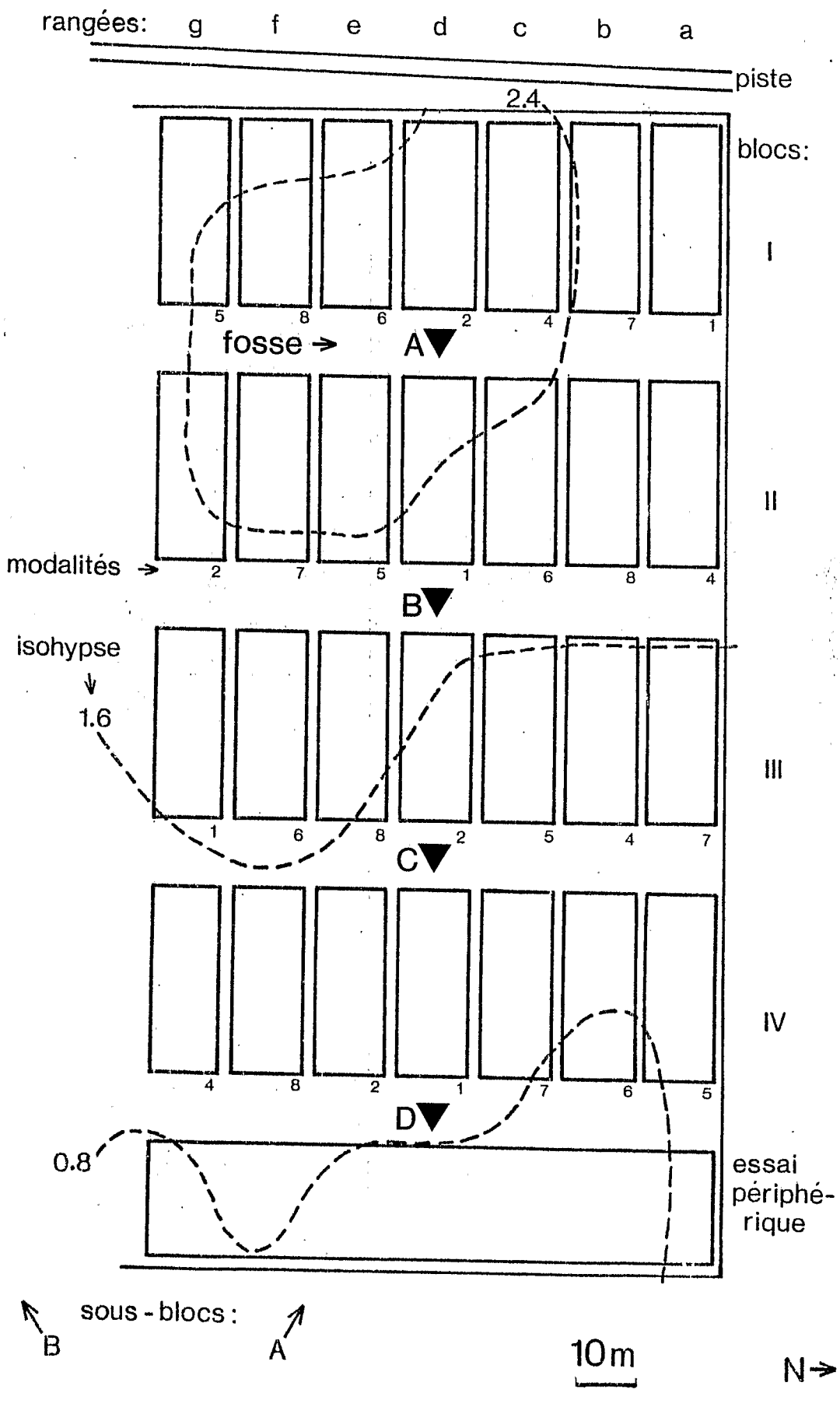
Les analyses, effectuées selon les méthodes normalisées pour l'agriculture, étaient:
- le pH (H_2O et KCl);
- la teneur en carbone total (méthode Walkey et Black);
- la teneur en azote total (méthode Kjeldahl);

Fonds Documentaire ORSTOM
010009782

Fonds Documentaire ORSTOM
Cote: B* 9782 Ex: 1

FIG. 1

SITE IBSRAM AU CRAL (d'après Nyeté, 1992)



Barthès. ORSTOM

- les teneurs en cations échangeables, à savoir calcium, magnésium, potassium et sodium (extraction à l'acétate d'ammonium et dosage par absorption atomique);
- la teneur en aluminium échangeable (extraction au KCl et dosage colorimétrique);
- la capacité d'échange cationique T à pH 7 (extraction par $CaCl_2$ et KNO_3 , dosage par complexométrie).

On en déduisait par calcul:
- l'acidité d'échange pH(H_2O)-pH(KCl);
- le rapport C/N;
- la somme S des bases échangeables;
- le taux de saturation (S/T).

On en déduisait par approximation le taux de protons échangeables, assimilé à T - S - [$Al_{éch}$].

La fosse A est la plus amont des 4. Des prélèvements y ont été effectués en octobre 1992, donc en début de saison des pluies, aux mêmes profondeurs. Les analyses effectuées sont les mêmes que pour les autres fosses, auxquelles s'ajoutent:
- la teneur en phosphore total Ptot (extraction à l'acide perchlorique, dosage colorimétrique);
- la teneur en phosphore assimilable Pass (extraction à Na_2CO_3 et FNH_4, dosage colorimétrique au bleu de molybdène).

On en déduit le rapport Pass/Ptot.

Ce sont les résultats d'analyses chimiques sur cette fosse A qui sont présentés dans le présent document.

Dans la mesure où les prélèvements des fosses B, C et D ont été effectués en mai, à la fin de la saison des pluies, et ceux de la fosse A en octobre, au début de la saison des pluies suivante, les deux séries de résultats sont difficilement comparables.

G. Martin (1967) constate en effet que dans la vallée du Niari, certains paramètres pédologiques varient au fil des saison. Le pH montre ainsi une évolution cyclique, avec un maximum en février-mars et un minimum fin mai-début juin, en début de saison sèche. La matière organique (en surface) et les bases échangeables montrent une évolution semblable. Les fosses B, C et D ont été échantillonnées en mai, à une période où ces paramètres passent par un maximum, ce qui risque de conduire à leur surestimation, comparativement aux données de la fosse A.

La comparaison entre la fosse A et les 3 fosses échantillonnées antérieurement est donc difficile, et l'on ne pourra pas caractériser les variations le long du versant, comme on l'avait fait pour les fosses B, C et D. On pourra néanmoins comparer A avec B, C et D du point de vue de l'évolution des différents paramètres avec la profondeur.

2. RESULTATS ET INTERPRETATIONS (Tab. I)

On s'intéressera successivement:
- aux paramètres d'acidité (pH et aluminium échangeable);
- au statut organique;
- à la capacité d'échange et aux cations échangeables;
- au phosphore.

TABLEAU I : RESULTATS ANALYTIQUES SUR LES 4 FOSSES A , B , C ET D.

	PROF cm	pH eau	pH KCl	pH eau - pH KCl	M.O. %	C 0/00	N 0/00	C/N	Ca éch. méq/100g	Mg éch. méq/100g	K éch. méq/100g	Na éch. méq/100g	S méq/100g	T (pH7) méq/100g	V (pH7) %	Al éch. méq/100g	Ca/Mg	P total 0/00	P assim. 0/00	Pass./Ptot %
FOSSE A	0-5	5	4	1	4.2	24.1	1.34	18.0	0.86	0.31	0.75	0.02	1.94	13.38	14.5	1.28	2.8	1.72	0.23	13
(oct. 92)	5-10	4.6	3.9	0.7	3.2	18.3	1.03	17.8	0.05	0.03	0.3	0.01	0.39	12.28	3.2	2.29	1.7	1.63	0.12	7
	10-15	4.6	3.9	0.7	3.2	18.3	0.91	20.1	0.03	0.02	0.21	0.05	0.31	10.6	2.9	2.26	1.5	1.61	0.11	7
	15-20	4.6	4	0.6	2.4	14	0.87	16.1	0.03	0.02	0.11	0.01	0.17	9.9	1.7	1.96	1.5	1.43	0.07	5
	20-25	4.5	4.1	0.4	2.1	11.9	0.86	13.8	0.05	0.01	0.09	0.01	0.16	7.52	2.1	1.82	5.0	1.29	0.05	4
	25-30	4.5	4.2	0.3	1.7	9.8	0.77	12.7	0.03	0.02	0.07	0.01	0.13	6.54	2.0	1.43	1.5	1.23	0.03	2
	30-40	4.6	4.2	0.4	1.6	9.4	0.83	11.3	0.05	0.02	0.05	0	0.12	7.07	1.7	1.18	2.5	1.26	0.03	2
FOSSE B	0-5	4.7	3.9	0.8	4.2	21.19	1.61	15	0.58	0.12	0.23	0.01	0.94	14.05	6.69	2.4	4.8			
(mai 92)	5-10	4.8	3.9	0.9	3.3	19.21	1.21	15.9	0.24	0.03	0.16	0.01	0.44	11.59	3.8	2.53	8.0			
	10-15	4.8	3.9	0.9	3	17.58	1.09	16.1	0.24	0.02	0.19	0.02	0.47	11.21	4.19	2.64	12.0			
	15-20	4.8	4	0.8	2.6	15.04	0.98	15.3	0.16	0.01	0.12	0.01	0.3	10.07	2.98	2.44	16.0			
	20-25	4.8	4	0.8	2.2	12.99	0.91	14.3	0.08	0.01	0.08	0.01	0.18	9.61	1.87	2.22	8.0			
	25-30	4.6	4.1	0.5	1.9	10.87	0.88	12.4	0.08	0.01	0.1	0.02	0.21	8.29	2.53	2.06	8.0			
	30-40	4.7	4.2	0.5	1.5	8.7	0.81	10.7	0.08	0.01	0.08	0.03	0.2	6.95	2.88	1.46	8.0			
FOSSE C	0-5	5	3.9	1.1	4.3	25.08	1.98	12.7	2.2	0.55	0.41	0.01	3.16	18.73	16.87	1.73	4.0			
(mai 92)	5-10	4.8	3.9	0.9	3.9	22.42	1.3	17.2	0.5	0.06	0.18	0.01	0.75	14.53	5.16	1.93	8.3			
	10-15	4.7	3.9	0.8	3.5	20.57	1.21	17	0.16	0.02	0.16	0.01	0.35	13.65	2.56	2.78	8.0			
	15-20	4.7	3.9	0.8	3.2	18.72	1.12	16.7	0.08	0.01	0.14	0.01	0.24	12.63	1.9	2.55	8.0			
	20-25	4.7	4	0.7	2.5	14.82	1.02	14.5	0.16	0.02	0.12	0.01	0.31	10.17	3.05	2.19	8.0			
	25-30	4.7	4	0.7	2.5	14.27	1.02	14	0.16	0.02	0.13	0.02	0.33	10.03	3.29	2.15	8.0			
	30-40	4.6	4.1	0.5	1.8	10.19	0.93	11	0.24	0.01	0.05	0.02	0.32	8.41	3.8	1.69	24.0			
FOSSE D	0-5	5	3.8	1.2	5	29.16	1.58	18.5	1.12	0.49	0.63	0.02	2.26	16.95	13.33	1.6	2.3			
(mai 92)	5-10	4.7	3.7	1	4.5	25.95	1.33	19.5	0.34	0.11	0.36	0.04	0.85	16.27	5.22	2.2	3.1			
	10-15	4.6	3.7	0.9	4.3	24.74	1.23	20.1	0.24	0.05	0.25	0.02	0.56	14.87	3.77	2.22	4.8			
	15-20	4.6	3.8	0.8	3.3	19.27	1.12	17.2	0.16	0.02	0.16	0.01	0.35	13.79	2.5	2.04	8.0			
	20-25	4.5	3.9	0.6	2.7	15.57	1.12	13.9	0.08	0.03	0.13	0.04	0.28	11.09	2.52	1.78	2.7			
	25-30	4.6	4	0.6	2.3	13.12	0.98	13.4	0.16	0.01	0.09	0.01	0.27	10.31	2.62	1.55	16.0			
	30-40	4.7	4.1	0.6	2.1	12.1	0.91	13.3	0.16	0.02	0.1	0.01	0.29	9.53	3.04	1.38	8.0			

2.1 Acidité (Fig. 2)

Le **pH(H_2O)** décroît fortement entre 0-5 cm (pH 5) et 5-10 cm (pH 4.6), puis se stabilise entre 4.5 et 4.6 jusqu'à 30-40 cm. Le pH varie donc faiblement, sauf en surface où il est plus élevé. Ce dernier point est lié à la richesse en matière organique et à la faible teneur en aluminium échangeable en surface.

Ces variations sont comparables à celles observées sur les fosses C et D. Par contre, les valeurs observées sur A sont plus faibles que celles des autres fosses, ce qui est conforme aux prévisions, puisque les valeurs de B, C et D tendent à être surévaluées.

Le **pH(KCl)** décroît faiblement de 0-5 cm (pH4) à 5-10 cm (pH 3.9), puis remonte à peu près régulièrement jusqu'à 30-40 cm (pH 4.2). Cette évolution est conforme à celle relevée sur les 3 autres fosses, notamment en ce qui concerne le minimum de subsurface, puis la remontée avec la profondeur.

On constate que les valeurs mesurées sur A sont plus élevées que celles mesurées sur B, elles-mêmes supérieures à celles mesurées sur C, qui sont supérieures à celles de D. Compte tenu de possibles variations saisonnières, il est toutefois difficile de conclure de manière certaine que le pH KCl décroît de l'aval vers l'amont, surtout entre A et B, C, D.

L'**acidité d'échange**, correspondant à **pH(H_2O)-pH(KCl)**, décroît de 1.0 (0-5 cm) à 0.3 (25-30 cm), puis remonte légèrement à 30-40 cm (0.4). Ces valeurs restent élevées dans l'ensemble.

Cette décroissance d'ensemble, en particulier sa pente, correspond à celle relevée sur les 3 autres fosses; elle correspond également à la décroissance de la teneur en carbone total avec la profondeur.

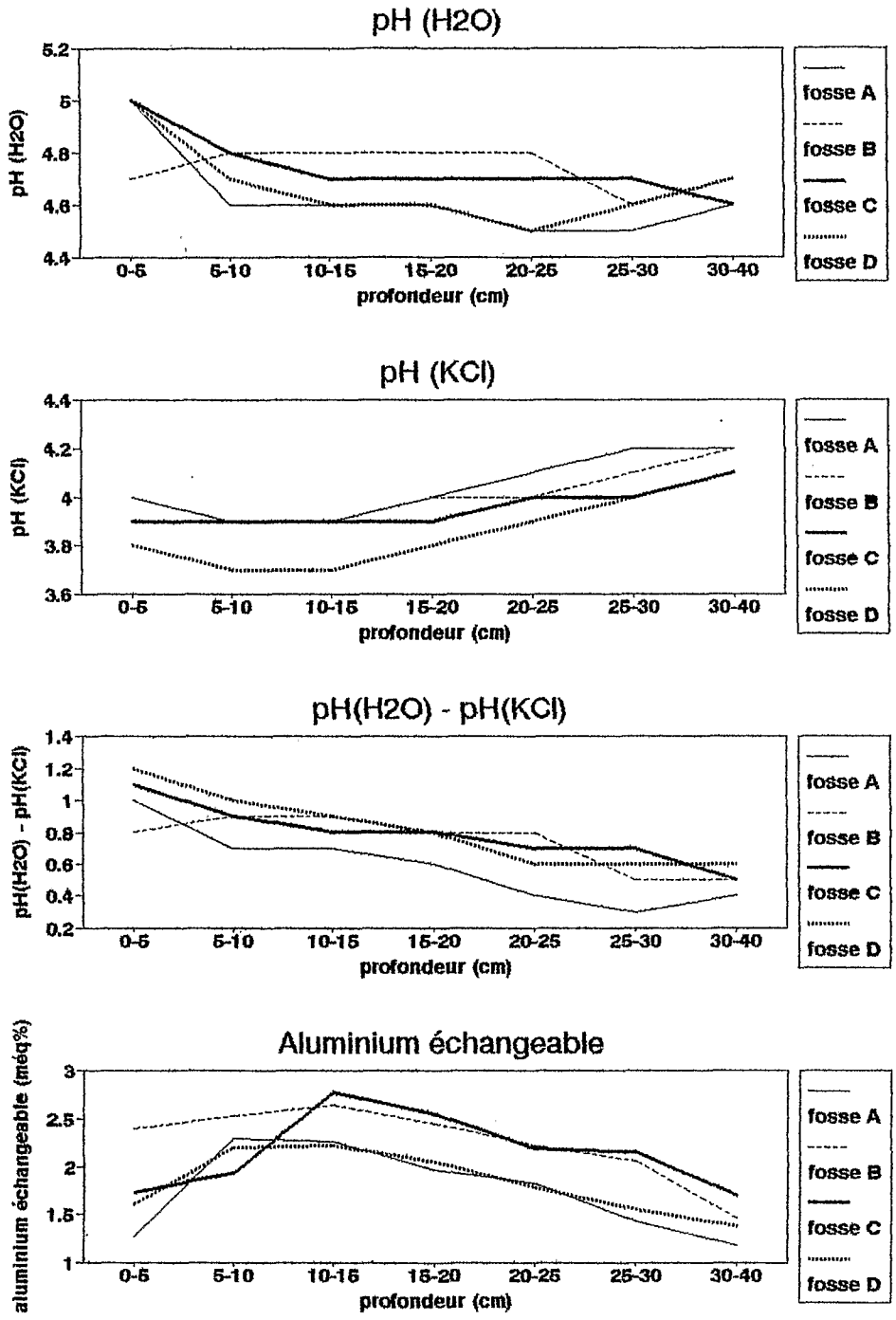
Les teneurs en **aluminium échangeable** sont élevées, passant de 1.28 méq% (0-5 cm) à 2.29 et 2.26 méq% (respectivement 5-10 et 10-15 cm), avant de diminuer régulièrement en profondeur (1.18 méq% à 30-40 cm).

On retrouve une évolution voisine de celle observée sur les autres fosses, notamment un maximum vers 10 cm, puis une baisse assez régulière, avec une pente comparable dans les 4 cas. Le maximum noté vers 10 cm pourrait correspndre à la présence d'un niveau plus compact vers 20 cm (Barthès & al., 1992a).

Sur la fosse A comme sur les 3 autres fosses, les pH sont inférieurs à 5, donc acides, avec des teneurs élevées en protons échangeables et aluminium échangeable.

Comme pour B, C et D, et avec des pentes généralement comparables, l'acidité à l'eau augmente en profondeur, alors que l'acidité au KCl et l'acidité d'échange diminuent. Les teneurs en aluminium échangeable sont maximales vers 10 cm, ce qui semble correspondre à la présence d'un niveau compact.

FIG. 2 : CHIMIE DES FOSSES A (10.92), B , C ET D (05.92)



2.2 Matière organique (Fig. 3)

Les teneurs en **carbone total** dans la fosse A diminuent à peu près régulièrement avec la profondeur, avec une pente comparable à celle des autres fosses. Ce taux passe ainsi de 2.41% (0-5 cm) à 0.94% (30-40 cm). Ces valeurs sont généralement inférieures à celles obtenues sur B, C et D, dont on a dit qu'elles étaient maximisées.

Les teneurs en **azote total** diminuent également en profondeur, d'abord rapidement, puis plus lentement, comme c'était également le cas sur les fosses C et D. On passe ainsi rapidement de 1.34 (0-5 cm) à 0.91 (5-10 cm), avant des variations plus faibles (0.83 à 30-40 cm). Ces valeurs sont inférieures à celles notées sur les autres fosses, qui étaient maximisées.

Les **C/N** passent de 17.9 (surface) à 20.0 (10-15 cm), puis diminuent jusqu'à 11.3 (30-40 cm). On retrouve le maximum noté en B, C et D vers 10 cm, qui pourrait également correspondre à la présence d'un niveau compact vers 20 cm. A partir de 15-20 cm, les valeurs en A sont très voisines de celles des autres fosses. Sur celle-ci comme sur celles-là, les C/N sont élevés, surtout si l'on considère que le milieu est en jachère depuis de nombreuses années. Ces valeurs témoignent d'une mauvaise décomposition de la matière organique, surtout au-dessus de 20 cm.

Les teneurs en carbone et azote se révèlent donc correctes sur les 4 fosses; elles diminuent en profondeur. Les C/N sont élevés, avec un maximum vers 10 cm.

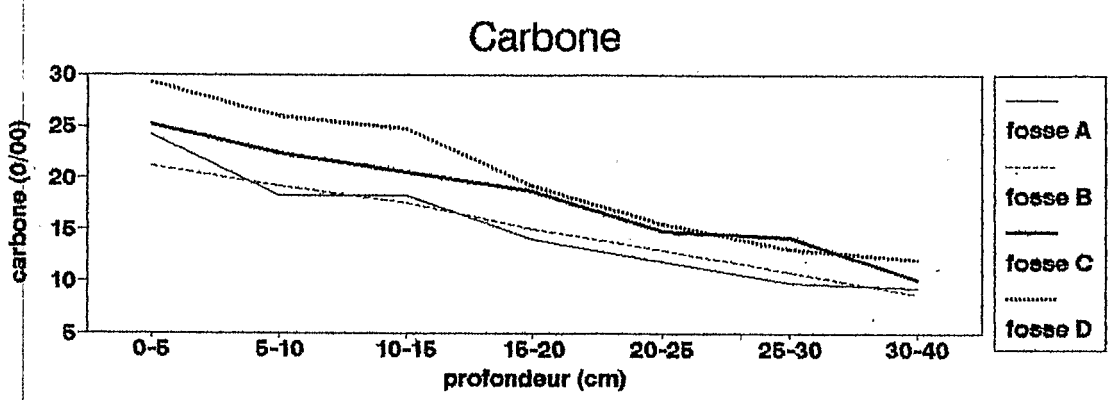
2.3 Capacité d'échange et bases échangeables, à pH 7

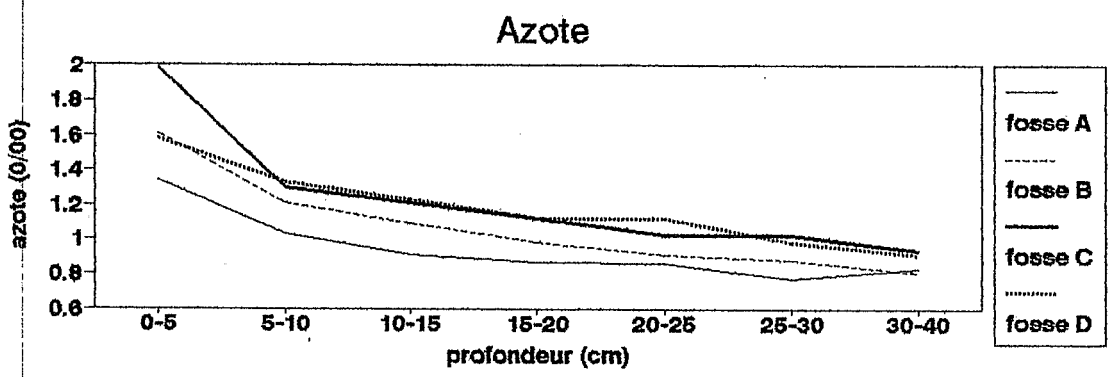
La **capacité d'échange** (Fig. 4) diminue avec la profondeur, passant de 13.38 méq% en surface à 7.07 méq% à 30-40 cm. Dans l'ensemble, cette évolution est comparable à celle observée sur les autres fosses.; elle est également comparable à la diminution de teneur en carbone total avec la profondeur.

La **somme des bases échangeables** diminue rapidement de 0-5 cm (1.94 méq%) à 5-10 cm (0.39 méq%), puis lentement jusqu'à 30-40 cm (0.12 méq%). Ces variations sont très voisines de celles observées sur les autres fosses. La diminution notée de 0-5 à 5-10 cm, plus brutale que celles relevées pour le carbone ou la capacité d'échange, est lié à l'enrichissement en aluminium échangeable.

Le **taux de saturation en bases** montre des variations comparables à celles reconnues sur les fosses B, C et D. On note ainsi en A une diminution rapide de 0-5 cm (14.5%) à 5-10 cm (3.2%), avant une stabilisation à de faibles valeurs à partir de 15-20 cm (entre 1.7 et 2.1%).

FIG. 3 : CHIMIE DES FOSSES A (10.92), B , C ET D (05.92)





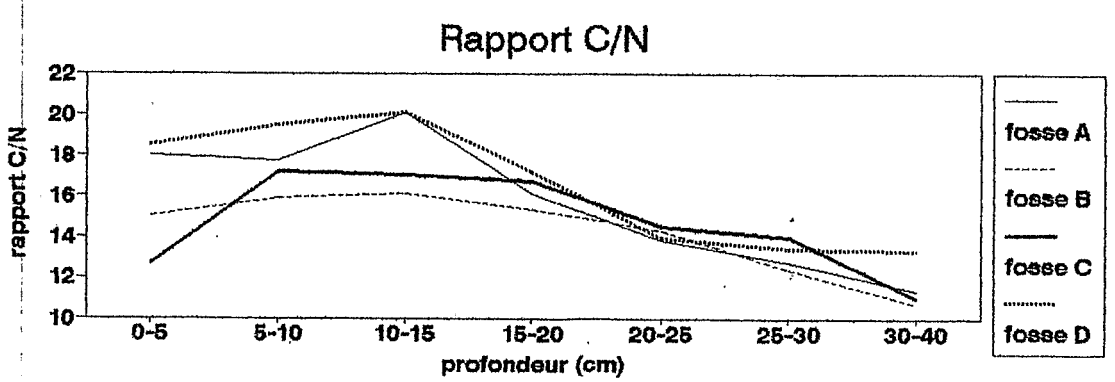
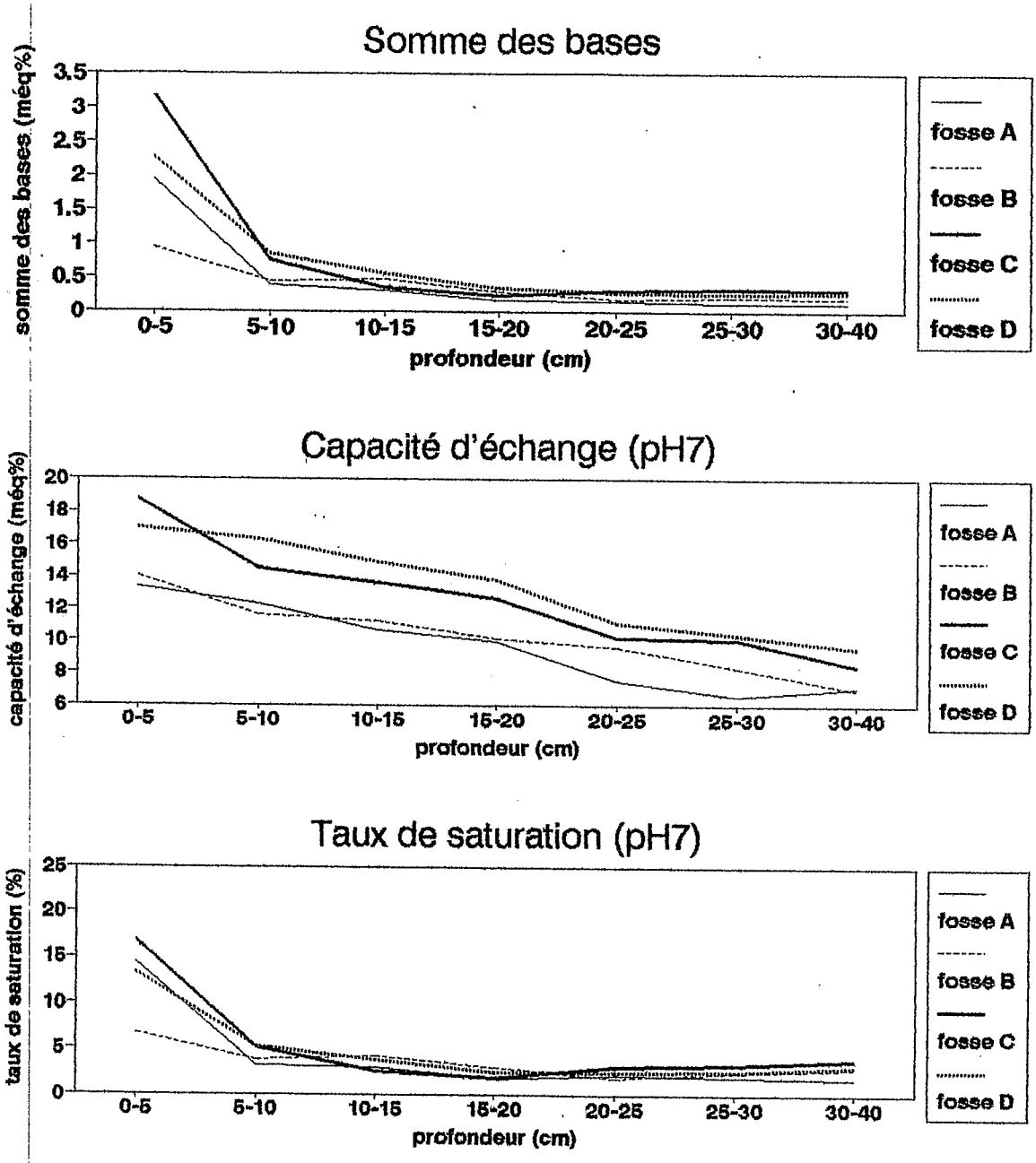


FIG.4 : CHIMIE DES FOSSES A (10.92), B, C ET D (05.92)



Comme sur les 3 autres fosses, les teneurs en **bases échangeables** mesurées dans la fosse A diminuent généralement en profondeur.

Le **calcium** passe ainsi très rapidement de 0.86 méq% (0-5 cm) à 0.05 méq% (5-10 cm), puis se stabilise entre 0.05 et 0.03 méq%. Cette baisse était beaucoup plus progressive sur les 3 autres fosses, prélevées en mai. Les prélèvements n'ayant pas été effectués à la même saison, il est difficile d'attribuer cette différence à des variations spatiales; il est possible qu'il s'agisse de variations saisonnières.

Le **magnésium** montre également une forte décroissance, de 0.31 méq% (0-5 cm) à 0.03 méq% (5-10 cm), puis se stabilise autour de 0.02 méq%. Cette diminution était un peu plus progressive sur les fosses B, C et D, échantillonnées en mai.

Pour le **potassium**, la diminution de teneur est plus progressive et plus régulière, de 0.75 méq% (0-5 cm) à 0.30 méq% (5-10 cm), puis à 0.21 méq% (10-15 cm), atteignant finalement 0.05 méq% (30-40 cm). Ce type d'évolution avec la profondeur est comparable à celui observé sur les autres fosses.

Les teneurs en **sodium** sont très basses, voisines de 0.01 méq% sauf à 10-15 cm (0.05 méq%). Ces variations sont comparables à celles observées sur les autres fosses, où les maxima ne caractérisent jamais le niveau de surface, à la différence des autres bases échangeables.

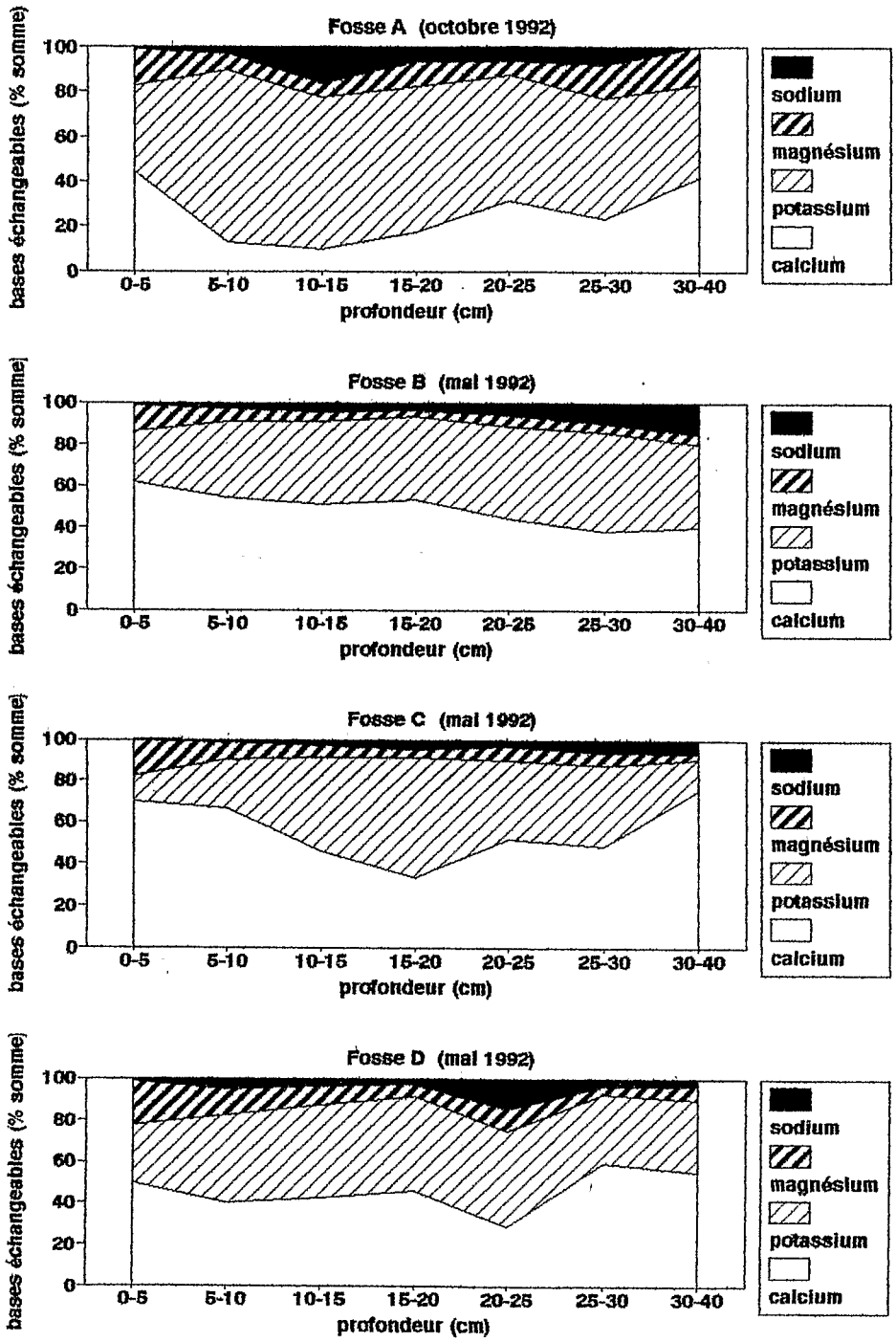
On notera que toutes ces valeurs sont beaucoup plus faibles que celles relevées pour l'aluminium échangeable.

Relativement à la somme des bases échangeables (Fig. 5), le **potassium** montre dans la fosse A les teneurs les plus élevées dans l'ensemble, et représente 40% à 60% du total des bases.

Le **calcium** vient ensuite, avec 10 à 50% du total. On note que les teneurs relatives Ca/S et K/S varient en sens inverse, l'une augmentant quand l'autre diminue. Ca/S est plus important en surface et à 30-40 cm.

On note également que dans la fosse A, Ca/S est sensiblement moins important et K/S sensiblement plus important que dans les autres fosses. Il pourrait s'agir de variations saisonnières. En effet, plus la solution du sol est concentrée, plus les cations monovalents sont fixés énergiquement sur le complexe adsorbant; au contraire, les cations bivalents sont d'autant plus énergiquement adsorbés que la solution du sol est plus diluée (Ruellan & Delétang, 1967). Les fosses B, C et D ont été échantillonnées en fin de saison des pluies, à une période où la solution du sol était sans doute plus diluée qu'en octobre (début des premières pluies), lorsqu'a été échantillonnée la fosse A; ceci explique la proportion plus importante de potassium, monovalent, sur le complexe dans la fosse A.

FIG.5 : BASES ECHANGEABLES (% SBE)



Les teneurs relatives en magnésium (Mg/S) restent modestes, de l'ordre de 10 à 15% du total. En surface, Mg/S est plus faible dans la fosse A que dans les autres fosses, ce qui pourrait être lié à des variations saisonnières; ailleurs, les teneurs relatives sont comparables.

On note, sur le tableau I, que les rapports Ca/Mg n'excèdent pas 5 pour la fosse A, alors qu'ils dépassaient souvent 8 pour les 3 autres. C'est sans doute aussi un phénomène saisonnier.

Les teneurs relatives en sodium sont faibles, comme sur les autres fosses.

En résumé, on constate une diminution progressive de la capacité d'échange (pH 7) quand la profondeur augmente, avec des valeurs qui restent satisfaisantes du point de vue agronomique. Pour la somme des bases échangeables et le taux de saturation, cette diminution intervient rapidement dès le sommet du profil, et les valeurs sont plus faibles. On note que pour ces 3 paramètres, les valeurs notées sur la fosse A sont un peu plus faibles que celles des autres fosses.

En valeurs relatives, l'aluminium est l'élément échangeable le mieux représenté.

Parmi les bases échangeables, K est l'élément le mieux représenté sur la fosse A (40 à 60% de la somme des bases), ce qui la distingue des 3 autres fosses. De même, la relative rareté du Ca parmi les bases distingue A des autres fosses.

En revanche, Mg et Na représentent une proportion comparable du total des bases sur les 4 fosses.

En valeurs absolues, la fosse A montre une diminution rapide des teneurs en Ca et Mg au sommet du profil. Ceci la distingue des autres fosses, où ces diminutions en profondeur étaient progressives.

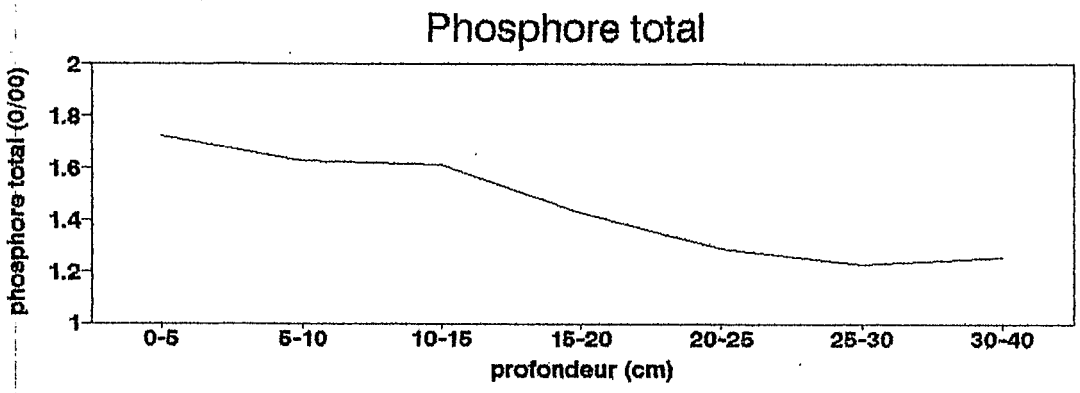
On distingue également Ca et Mg de K et Na, dont les variations avec la profondeur sont comparables dans les 4 fosses: appauvrissement progressif en profondeur pour K; faibles teneurs pour Na, avec un maximum qui n'est pas en surface.

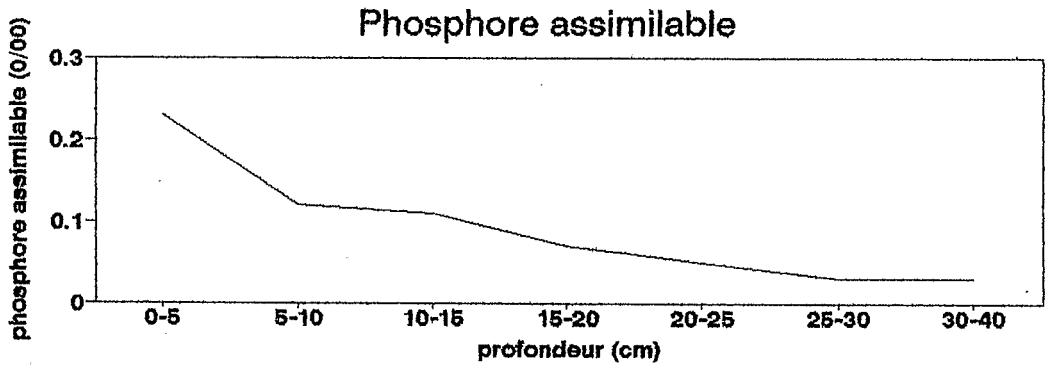
Comme on l'a dit en introduction, les différences relevées entre la fosse A et les 3 autres (valeurs plus faibles de T, S et V; proportions relatives de Ca et K; variations de teneurs absolues en Ca et Mg avec la profondeur) pourraient être liées à des variations saisonnières, les prélèvements étant intervenus à 5 mois d'intervalle.

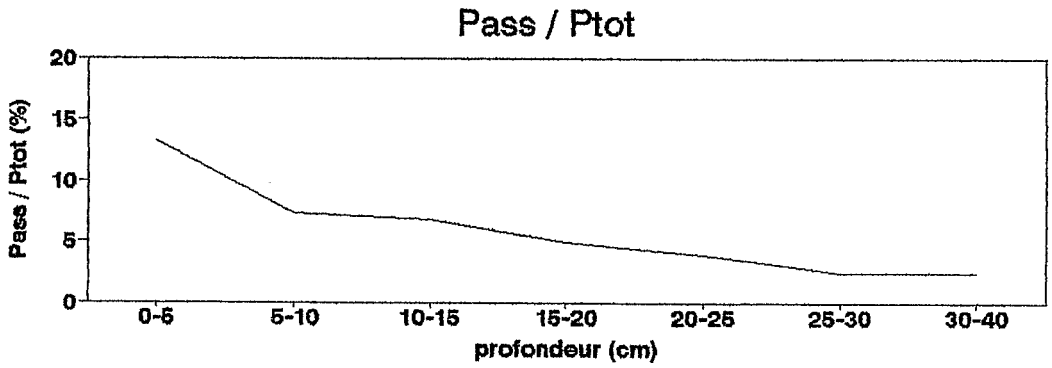
2.4 Phosphore (Fig. 6)

Les teneurs en phosphore total passent de 1.72 (0-5 cm) à 1.26 0/00 (30-40 cm).

FIG. 6 : LE PHOSPHORE DANS LA FOSSE A (octobre 1992)







Les teneurs en **phosphore assimilable** diminuent assez rapidement au sommet du profil, de 0.23 (0-5 cm) à 0.12 0/00 (5-10 cm), puis plus faiblement ensuite (0.03 0/00 à 30-40 cm). Dans l'ensemble, ces valeurs sont satisfaisantes pour la région considérée (Martin, 1979).

Le rapport **phosphore total / phosphore assimilable** diminue assez rapidement en surface, de 13.4% (0-5 cm) à 7.4% (5-10 cm), puis plus lentement, atteignant 2.4% à 30-40 cm.

Dans l'ensemble, les teneurs en phosphore sont satisfaisantes, en particulier celles en phosphore assimilable. Ces teneurs diminuent en profondeur.

En l'absence de données sur le phosphore pour les fosses B, C et D, aucune comparaison n'est pour l'instant possible avec la fosse A.

3. SYNTHESE ET CONCLUSION

Les résultats présentés ci-dessus concernent la fosse A, la plus amont, du site IBSRAM à Loudima. Cette fosse a été échantillonnée en octobre 1992, jusqu'à 40 cm, afin de caractériser la tranche de sol prioritairement colonisée par les racines.

Les fosses B, C et D du même site IBSRAM avaient fait l'objet de prélèvements et d'analyses en mai 1992, à une saison où nombre de paramètres chimiques montrent des valeurs maximales (il s'agit du pH, des bases échangeables et de la matière organique).

Comme les autres fosses, la fosse A est caractérisée par:

- une nette acidité (pH 5 en surface, se stabilisant ensuite autour de 4.6);
- une forte désaturation en bases échangeables (V<5%, sauf en surface, où V#15%);
- des teneurs élevées en aluminium échangeable (de 1.15 à 2.30 méq%).

Les teneurs en carbone et azote totaux sont à peu près satisfaisantes, ainsi que la capacité d'échange (à pH7), au moins dans les horizons supérieurs. Toutefois, les C/N sont élevés, surtout en surface.

L'évolution des variables étudiées avec la profondeur, sur la fosse A, est généralement comparable à celles observées sur les fosses B, C et D.

Ainsi, les valeurs de nombreux paramètres diminuent quand la profondeur augmente. Il s'agit du pH à l'eau, de l'acidité au KCl, de l'acidité d'échange, d'une part, des teneurs en carbone et azote totaux d'autre part, ainsi que de la capacité d'échange, de la somme des bases, du taux de saturation, des teneurs en Ca, Mg et K.

Cette diminution est:

- à peu près régulière dans le cas de l'acidité au KCl, de l'acidité d'échange, du carbone, de l'azote, de la capacité d'échange (à pH7), du taux de saturation et du potassium;
- rapide en surface puis faible ou nulle dans le cas du pH à l'eau, de la somme des bases, du calcium et du magnésium (pour ces deux éléments, les diminution de teneur étaient plus progressives sur les fosses B, C et D)

Par ailleurs, le C/N et le taux d'aluminium échangeable passent par un maximum vers 10 cm, puis diminuent progressivement en profondeur.

Enfin, on remarque que les teneurs en sodium échangeable sont faibles, avec un maximum qui n'est pas en surface.

A la différence des 3 autres fosses, le potassium représente sur la fosse A une part nettement plus importante du total des bases échangeables, alors que le calcium représente une part sensiblement plus faible.

Dans l'ensemble, les différences entre les valeurs des paramètres pour la fosse A et les fosses B, C et D restent difficilement interprétables, du fait de prélèvements à 5 mois d'intervalle et de variations saisonnières.

Le phosphore, qui n'avait pas fait l'objet d'analyses pour les fosses B, C et D, a été mesuré pour A. Les teneurs sont satisfaisantes dans l'ensemble, en particulier pour le phosphore assimilable.

4. BIBLIOGRAPHIE CITEE

B. Barthès, C. Hartmann & B. Nyeté, 1992a.- Mesures de résistance à la pénétration dans 4 fosses du site IBSRAM à Loudima (Congo). DGRST-ORSTOM, Brazzaville, 7 p.+ 3 fig.

B. Barthès, C. Hartmann & B. Nyeté, 1992b.- Résultats d'analyses chimiques sur 3 fosses du site IBSRAM à Loudima (Congo). DGRST-ORSTOM, Brazzaville. 6 p.+ 6 fig.

D. Martin, 1979.- Fertilité chimique des sols d'une ferme du Congo. Cah. ORSTOM, série Pédologie, vol. XVII, n°1: 47-64.

G. Martin, 1967.- Synthèse agropédologique sur les sols de la Vallée du Niari; évolution du sol sous culture In Quinze ans de travaux et de recherches dans les pays du Niari; les sols de la vallée du Niari. Etude pédologique et agropédologique. ORSTOM, Brazzaville, 189 p.

A. Ruellan & J. Delétang, 1967.- Les phénomènes d'échange de cations et d'anions dans les sols. ORSTOM, Paris, coll. Initiations - Documents Techniques n°5, 123 p.