

Barthès

N° ?

2885
AD

CARACTERISATION DU VOLUME PORAL DES SOLS
 DU SITE DE L'ESSAI IBSRAM DE LOUDIMA
 (Rép. du Congo)

C. HARTMANN

Avec la collaboration technique de E.G. TOUTOU MISSIE.

(mai 1993)

AVANT-PROPOS

Dans le cadre d'un programme financé par l'IBSRAM (International Board for Soil Research And Management) les chercheurs de la DGRST ont mis en place un dispositif agronomique expérimental sur le domaine du Centre de Recherche Agronomique de Loudima (CRAL, vallée du Niari, Congo). Ce dispositif couvre actuellement une surface de 2 ha. Il s'agit d'y comparer l'évolution, au cours du temps, des relations sol/plante pour différents itinéraires techniques. Ces derniers correspondent à plusieurs niveaux d'intensification de la culture. Ce projet pluri-disciplinaire associe plusieurs équipes de la DGRST et de l'ORSTOM.

L'équipe ORSTOM du Laboratoire d'Etude des Sols Cultivés (LESC) a été chargé d'y effectuer des recherches sur l'évolution physique du sol, plus particulièrement sur les changements intervenants dans les transferts d'eau et d'éléments minéraux.

Un dispositif tensio-neutronique doit être implanté dans les semaines qui viennent. Toutes les parcelles ne pouvant être équipées de ce dispositif il faut choisir les parcelles qui, a priori, apporteront le plus d'informations pour comprendre les mécanismes de l'évolution du sol.

Le site a déjà été caractérisé sur le plan chimique et partiellement sur le plan physique. L'objectif de ce document est de présenter des résultats complémentaires sur le plan physique et de les utiliser pour faire un choix raisonné des parcelles à utiliser.

16 SEPT. 1994

O.R.S.T.O.M. Fonds Document
 N° : 40556 ex.1
 Cote : B

INTRODUCTION

Le dispositif expérimental est décrit dans le rapport d'avancement du projet (Nyété, 1993)

Il ressort de ce document que chaque traitement est répété sur les 4 blocs du dispositif expérimental (2 ha). Afin de pouvoir comparer valablement l'effet des techniques culturales utilisées, et non pas mesurer des différences qui seraient dues à des hétérogénéités de terrain, le dispositif tensio-neutronique doit être implanté sur des parcelles identiques du point de vue édaphique.

Les analyses chimiques et mécaniques réalisées précédemment (Barthès et al. 1992a,b,c,d ; Barthès, 1993) nous ont permis de constater que le terrain n'est pas parfaitement homogène. Il semble exister une organisation des caractéristiques chimiques en relation avec la topographie (zones élevées plus pauvres que les zones basses), et il existerait aussi une résistance à la pénétration plus importante près du chemin d'accès (anciens passages préférentiels de machines ?). Les blocs I (forte résistance) et IV (zone basse, chimiquement plus riche) étant atypiques, ils ont été éliminés.

Sur les blocs II et III il reste à choisir les parcelles qui peuvent être retenues pour l'implantation du dispositif. Seuls 3 itinéraires techniques seront suivis par l'équipe ORSTOM du LESC :

- la savane, qui sera le témoin,
- le "Bas-int", caractérisé pour nous par l'absence de travail mécanisé mais l'utilisation d'intrants,
- le "Haut-int", qui associe travail mécanisé et intrants.

Pour les 6 parcelles retenues (3 traitements sur 2 blocs) nos objectifs sont : (i) effectuer la mesure du volume poral et son évolution en profondeur, (ii) quantifier l'hétérogénéité existant au sein de chaque fosse et au sein des 2 blocs retenus et (iii) pour chaque situation porale d'estimer les capacités de rétention en eau sur le terrain au moment de ce travail (fin de saison des pluies).

I - MATERIELS ET METHODES.

1 - Les prélèvements

Trois itinéraires techniques ont été retenus : savane (n°1 du plan), Bas-int (n°4) et Haut-int (n°6) dans les blocs II et III.

Des fosses de 1,50 m de long, 1 m de large et 1,50 m de profondeur ont été creusées pour pouvoir prélever des échantillons non remaniés. Afin de

continuer à préserver les parcelles d'une destruction qui serait irréversible nous avons creusé ces fosses dans l'allée située immédiatement à l'est de la parcelle (Barthès et al, 1993). Les fosses ont été nommées E, C, H, I, K et L (Fig.1).

Avant le creusement des fosses, 2 profils hydriques ont été réalisés à l'emplacement même de la fosse ou à moins d'un mètre de distance. Un prélèvement à la tarière est effectué tous les 10 cm depuis la surface jusqu'à 1 m de profondeur, puis tous les 20 cm jusqu'à 3 m de profondeur (Barthès et al, 1993).

Sur la paroi ouest de la fosse (la plus proche de la parcelle) les échantillons non remaniés sont prélevés à l'aide d'un cylindre de 100 cm³ enfoncé en force au marteau. Le long d'une ligne verticale un prélèvement est effectué à partir de 10 cm de profondeur, puis tous les 10 cm jusqu'à 140 cm ; soit 14 mesures par verticale. Pour chaque fosse le prélèvement est répété le long de deux verticales distantes d'un mètre environ (sur la face ouest).

Les échantillons prélevés sont mis à sécher à l'étuve durant 24 à 48 h puis sont pesés.

2 - Expression des résultats.

Notre objectif est de suivre l'évolution du volume poral des échantillons, les résultats seront donc exprimés en volume massique (cm³/g).

Soit M la masse de terre prélevé dans un cylindre :

$$D_a = M/V = \text{masse volumique}$$

$$1/D_a = V/M = \text{volume massique apparent (solide+porosité) cm}^3/\text{g} = V_{app}$$

$$\text{Volume massique de solide} = 1/D_r = 1/2,65 = 0,38 \text{ cm}^3/\text{g}$$

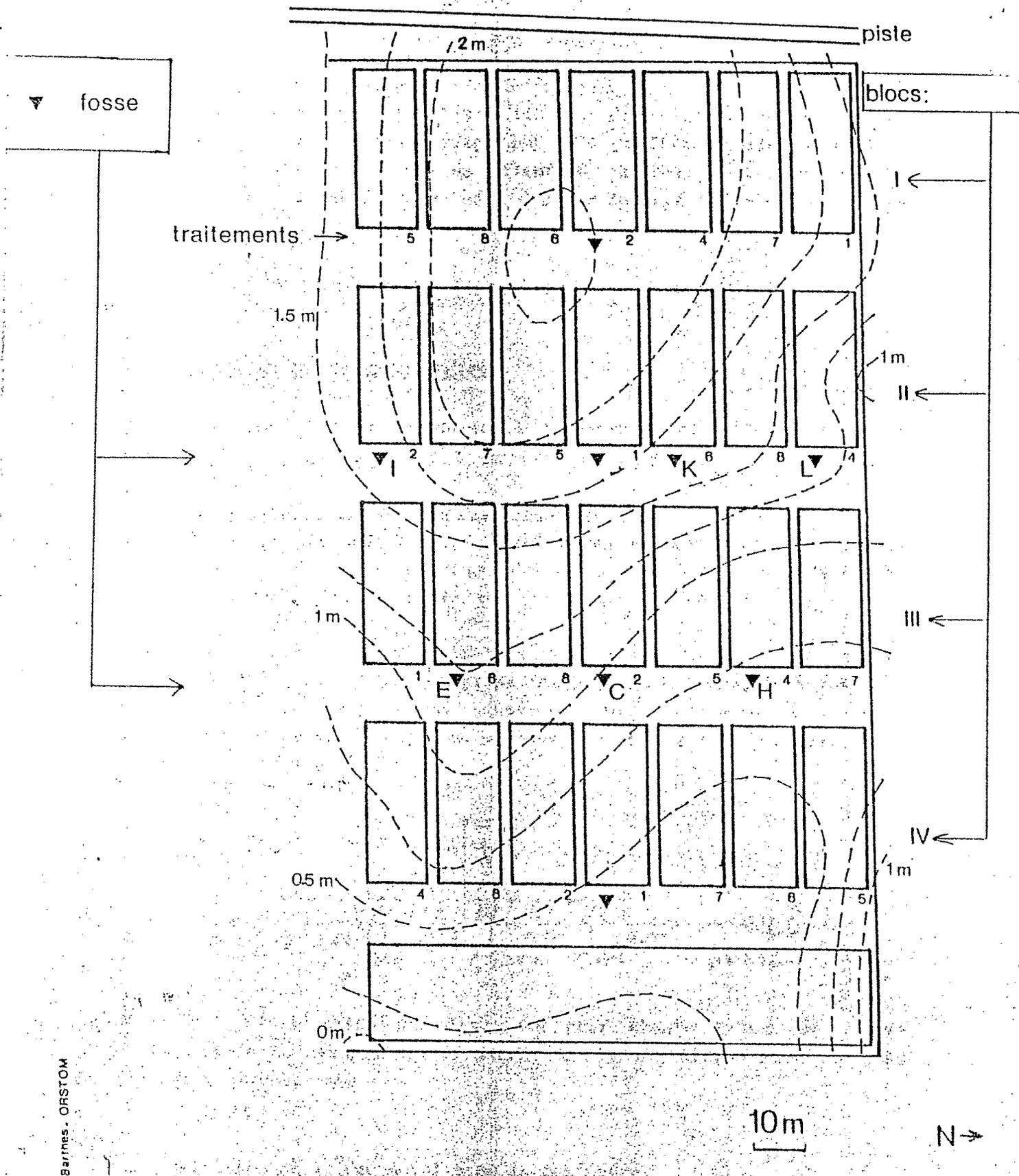
$$\text{soit : Volume poral (cm}^3/\text{g)} = \text{Vol. massiq.app.} - 0,38 \text{ cm}^3/\text{g}$$

Afin de juger de l'hétérogénéité du profil de porosité nous avons calculé un volume poral moyen et l'écart-type pour chaque profil.

Afin de juger de l'hétérogénéité au sein du dispositif expérimental nous avons comparé les moyennes et écart-type de toutes nos mesures.

Puisque les profils hydriques ont été établis en fin de saison des pluies le volume poral a pu être divisé en 2 classes :

- les pores qui permettent la rétention en eau,
- les pores de plus grandes tailles qui ont assuré l'écoulement gravitaire pendant les précipitations et qui assurent l'aération du sol et des racines depuis l'arrêt des précipitations.



Barthes - ORSTOM

Fig. 1 : schéma du dispositif expérimental IBSRAM/DGRST du Centre de Recherche Agronomique de Loudima.

Pour juger du volume occupé par chacune des classes de pores nous avons représenté sur le même graphique les profils hydriques (volume massique, cm^3/g) établis en fin de saison des pluies et les profils de volume poral. La différence entre les 2 courbes fournit le volume en air au moment de la mesure d'humidité.

$$V \text{ poral total} - V \text{ poral en eau} = V \text{ en air}$$

II - RESULTATS ET DISCUSSION

Nous avons repris dans le tableau 1 l'ensemble des mesures de volume poral par profil.

1 - Homogénéité à l'échelle du bloc (tableau 1)

Pour chaque profil nous avons calculé le volume moyen pour l'ensemble des profondeurs (tableau 1). Les moyennes s'évaluent de 0,43 à 0,49 cm^3/g , soit une variation de 15 % du volume poral moyen entre les 11 profils effectués.

La figure 1 permet de voir que les profils E présentent les valeurs les plus faibles (0,43 et 0,45 cm^3/g) et les profils H les valeurs les plus fortes (0,48 et 0,49 cm^3/g). Par conséquent les profils E, I, L et K présentent des valeurs de porosité moyenne sur le profil très proches : 0,46 ou 0,47 cm^3/g . (fig. 1).

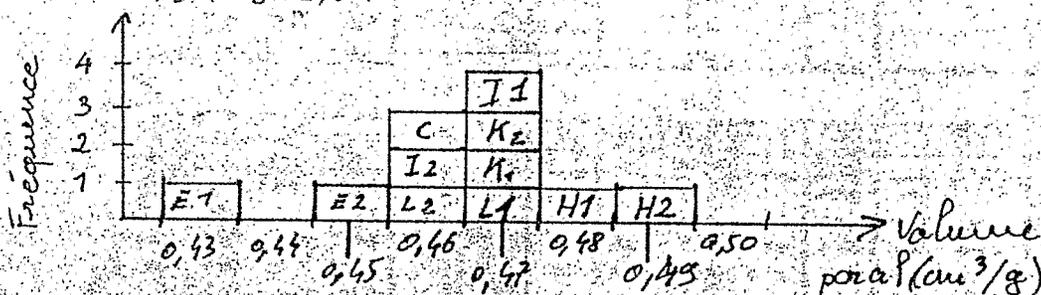


Fig. 2 - Distribution des fréquences pour chaque classe de volume poral. Le nom de la parcelle et le numéro de la répétition sont indiqués dans le baton du diagramme.

2 - Evolution du volume poral avec la profondeur

Les coefficients de variation autour du volume poral moyen de chaque profil varient de 4 à 10 %. Les différences au sein du profil restent donc relativement limitées.

Les valeurs les plus faibles obtenues pour chaque profil ont été soulignées. Elles se trouvent toujours dans les 60 premiers centimètres.

L	VOLUME PORAL (c)			EAU			AIR		
	1	Moyenn	2	Moyenn	1	Moyenn	2		
10		0.618	0.518	0.305		0.184	0.184		
20		0.414	0.414	0.308		0.078	0.078		
30		0.441	0.441	0.300		0.133	0.133		
40	0.505	0.448	0.382	0.284	0.221	0.184	0.107		
50		0.430	0.436	0.315		0.122	0.122		
60	0.420	0.431	0.442	0.318	0.104	0.115	0.128		
70	0.471	0.405	0.480	0.318	0.155	0.149	0.144		
80	0.432	0.440	0.447	0.308	0.107	0.114	0.122		
90	0.403	0.502	0.521	0.321	0.162	0.181	0.200		
100	0.514	0.484	0.454	0.321	0.183	0.183	0.133		
110	0.484	0.495	0.505	0.323	0.181	0.172	0.182		
120	0.470	0.482	0.453	0.325	0.145	0.137	0.128		
130	0.478	0.497	0.519	0.328	0.148	0.171	0.184		
140	0.485	0.488	0.487	0.328	0.159	0.180	0.181		
Moyenn	0.47	0.47	0.46	0.32	0.16	0.15	0.14		
Ecart-ty	0.03	0.03	0.04	0.01	0.03	0.03	0.03		
E.L (%)	8	7	8	4	21	20	24		

H	VOLUME PORAL (c)			EAU			AIR		
	1	Moyenn	2	Moyenn	1	Moyenn	2		
10	0.483	0.483		0.301	0.182	0.182			
20	0.388	0.388		0.305	0.003	0.083			
30	0.453	0.453		0.298	0.157	0.157			
40		0.478	0.478	0.302		0.178	0.178		
50	0.531	0.501	0.470	0.303	0.228	0.188	0.167		
60		0.501	0.501	0.307		0.194	0.194		
70	0.521	0.496	0.471	0.307	0.214	0.189	0.184		
80	0.487	0.507	0.527	0.309	0.178	0.198	0.218		
90	0.481	0.491		0.313	0.178	0.178			
100	0.515	0.513	0.510	0.308	0.207	0.205	0.202		
110	0.474	0.482	0.490	0.310	0.184	0.172	0.181		
120	0.484	0.481	0.477	0.311	0.173	0.169	0.168		
130	0.487	0.482	0.488	0.307	0.159	0.155	0.151		
140	0.488	0.485	0.485	0.304	0.182	0.182	0.182		
Moyenn	0.48	0.48	0.48	0.31	0.18	0.17	0.18		
Ecart-ty	0.04	0.03	0.02	0.00	0.03	0.03	0.02		
E.L (%)	7	6	4	1	20	17	11		

K	VOLUME PORAL (c)			EAU			AIR		
	1	Moyenn	2	Moyenn	1	Moyenn	2		
10	0.425	0.477	0.529	0.305	0.098	0.151	0.204		
20	0.485	0.518	0.542	0.322	0.173	0.108	0.219		
30	0.393	0.408	0.420	0.287	0.108	0.119	0.133		
40	0.442	0.440	0.438	0.293	0.148	0.147	0.144		
50	0.426	0.432	0.497	0.303	0.124	0.159	0.185		
60	0.412	0.445	0.478	0.307	0.105	0.138	0.172		
70	0.520	0.498	0.474	0.315	0.207	0.183	0.158		
80	0.491	0.494	0.470	0.318	0.175	0.169	0.162		
90	0.500	0.468	0.437	0.314	0.187	0.155	0.123		
100	0.498	0.475	0.483	0.320	0.143	0.150	0.157		
110	0.521	0.485	0.452	0.322	0.189	0.164	0.130		
120	0.488	0.492	0.478	0.318	0.187	0.183	0.168		
130	0.489	0.488	0.488	0.320	0.178	0.178	0.178		
140	0.433	0.434	0.433	0.322	0.113	0.112	0.111		
Moyenn	0.47	0.47	0.47	0.31	0.15	0.16	0.16		
Ecart-ty	0.04	0.03	0.03	0.01	0.04	0.02	0.03		
E.L (%)	8	6	7	4	24	14	18		

C	VOLUME PORAL (c)			EAU			AIR		
	1	Moyenn	2	Moyenn	1	Moyenn	2		
10		0.584		0.297		0.287			
20		0.492		0.310		0.181			
30		0.431		0.297		0.134			
40		0.418		0.298		0.111			
50		0.458		0.302		0.150			
60		0.418		0.302		0.117			
70		0.443		0.305		0.138			
80		0.408		0.307		0.099			
90		0.463		0.308		0.155			
100		0.445		0.307		0.138			
110		0.470		0.307		0.182			
120		0.498		0.300		0.188			
130		0.517		0.310		0.208			
140		0.470		0.313		0.157			
Moyenn		0.46		0.31		0.16			
Ecart-ty		0.05		0.03		0.05			
E.L (%)		10		2		29			

I	VOLUME PORAL (c)			EAU			AIR		
	1	Moyenn	2	Moyenn	1	Moyenn	2		
10	0.512	0.473	0.433	0.320	0.182	0.153	0.113		
20	0.422	0.448	0.473	0.308	0.117	0.141	0.165		
30	0.464	0.488	0.508	0.297	0.167	0.189	0.211		
40	0.481	0.455	0.428	0.300	0.181	0.155	0.129		
50	0.487	0.453	0.438	0.301	0.167	0.152	0.137		
60	0.448	0.441	0.423	0.303	0.148	0.138	0.130		
70	0.483	0.474	0.455	0.303	0.180	0.171	0.152		
80	0.442	0.448	0.451	0.302	0.140	0.144	0.148		
90	0.478	0.484	0.480	0.311	0.167	0.173	0.178		
100	0.458	0.454	0.450	0.305	0.154	0.150	0.145		
110	0.487	0.485	0.502	0.309	0.181	0.188	0.185		
120	0.457	0.468	0.490	0.308	0.148	0.180	0.171		
130	0.475	0.478	0.488	0.308	0.188	0.170	0.172		
140	0.475	0.440	0.408	0.307	0.188	0.133	0.088		
Moyenn	0.47	0.46	0.46	0.31	0.18	0.16	0.15		
Ecart-ty	0.02	0.02	0.03	0.01	0.02	0.02	0.03		
E.L (%)	5	4	6	2	12	11	20		

E	VOLUME PORAL (c)			EAU			AIR		
	1	Moyenn	2	Moyenn	1	Moyenn	2		
10				0.320					
20	0.501	0.522	0.543	0.304	0.197	0.218	0.239		
30	0.415	0.420	0.425	0.295	0.120	0.125	0.130		
40	0.378	0.408	0.439	0.298	0.081	0.111	0.141		
50		0.414	0.414	0.298		0.118	0.117		
60	0.417	0.433	0.418	0.284	0.123	0.138	0.155		
70	0.481	0.445	0.428	0.296	0.188	0.150	0.134		
80	0.455	0.465	0.475	0.297	0.159	0.188	0.178		
90		0.445	0.445	0.304		0.141	0.141		
100		0.481	0.481	0.306		0.175	0.175		
110		0.430	0.430	0.307		0.123	0.123		
120	0.414	0.435	0.455	0.308	0.105	0.127	0.147		
130		0.445	0.445	0.309		0.138	0.138		
140		0.403	0.472	0.310		0.083	0.162		
Moyenn	0.43	0.44	0.45	0.30	0.14	0.14	0.15		
Ecart-ty	0.04	0.03	0.03	0.01	0.04	0.03	0.03		
E.L (%)	8	7	7	2	27	22	20		

Tableau 1 : volume poral total et volume poral en eau et en air à la fin de la saison des pluies pour 6 fosses du site IBSRAM. Les colonnes "1" et "2" correspondent aux 2 répétitions, la moyenne des 2 mesures est indiquée entre les 2 répétitions. De même les volumes en air (2 répétitions et moyenne) sont calculés dans les 3 colonnes de droite. Moyenne et écart-type du profil sont indiqués au bas de chaque tableau.

La figure 2 représente pour chaque fosse les profils de porosité et la moyenne des 2 mesures quand cela est possible. Les faibles valeurs de porosité localisées dans les horizons superficiels sont visibles.

Les évolutions de porosité en profondeur ne sont pas toujours identiques d'une répétition à l'autre. En passant de 10 à 20 cm de profondeur on peut observer une augmentation de densité apparente sur un profil et une diminution dans le cas de la répétition. Ceci explique que les courbes se croisent parfois.

3 - Rétention en eau

Nous avons repris les profils hydriques présentés dans le rapport Barthès et al. (1993). Les valeurs de teneur en eau ont été converties en volume massique (cm^3/g).

Tous ces profils sont extrêmement proches : l'humidité est d'environ 0,30 à 0,32 cm^3/g dans la parcelle et l'évolution avec la profondeur reste très faible.

Des mesures de rétention d'eau à $pF=2$ ont été effectuées l'année dernière sur des échantillons provenant de l'ensemble du site, à une profondeur de 10 à 20 cm. La plupart des résultats étaient compris entre 0,28 et 0,30 cm^3/g . A la vue de ces résultats, et dans le cadre d'un simple rapport, nous pouvons déduire qu'à cette période de l'année l'énergie de rétention de l'eau doit se situer à un pF inférieur à 2 dans les horizons les plus superficiels. Par conséquent seuls les pores d'un rayon équivalent inférieur à quelques dizaines de micromètres sont remplis d'eau (rayon équivalent à $pF=2$ est de 15 micromètres). Nous en déduisons qu'à l'époque de la mesure seule la porosité intra-agrégat est remplie d'eau.

Il sera important de mesurer les évolutions de rétention d'eau au cours de l'année (en particulier en période de dessiccation) et voir s'il devient possible de distinguer les différentes situations pédologiques ou culturales sur la base de cette mesure.

4 - Volume en air

Les profils hydriques étant très homogènes, aussi bien en profondeur qu'en passant d'une parcelle à l'autre, il pouvait être intéressant de comparer ces parcelles sur la base du volume en air au moment des prélèvements (tableau 1). Le volume en air correspond au volume poral total, moins le volume d'eau retenue (Fig. 3).

A l'époque de la mesure les pores contenant de l'air ont une taille supérieure à quelques dizaines de micromètres, ils correspondent au volume laissé libre par l'arrangement des agrégats (qui, eux, sont remplis d'eau).

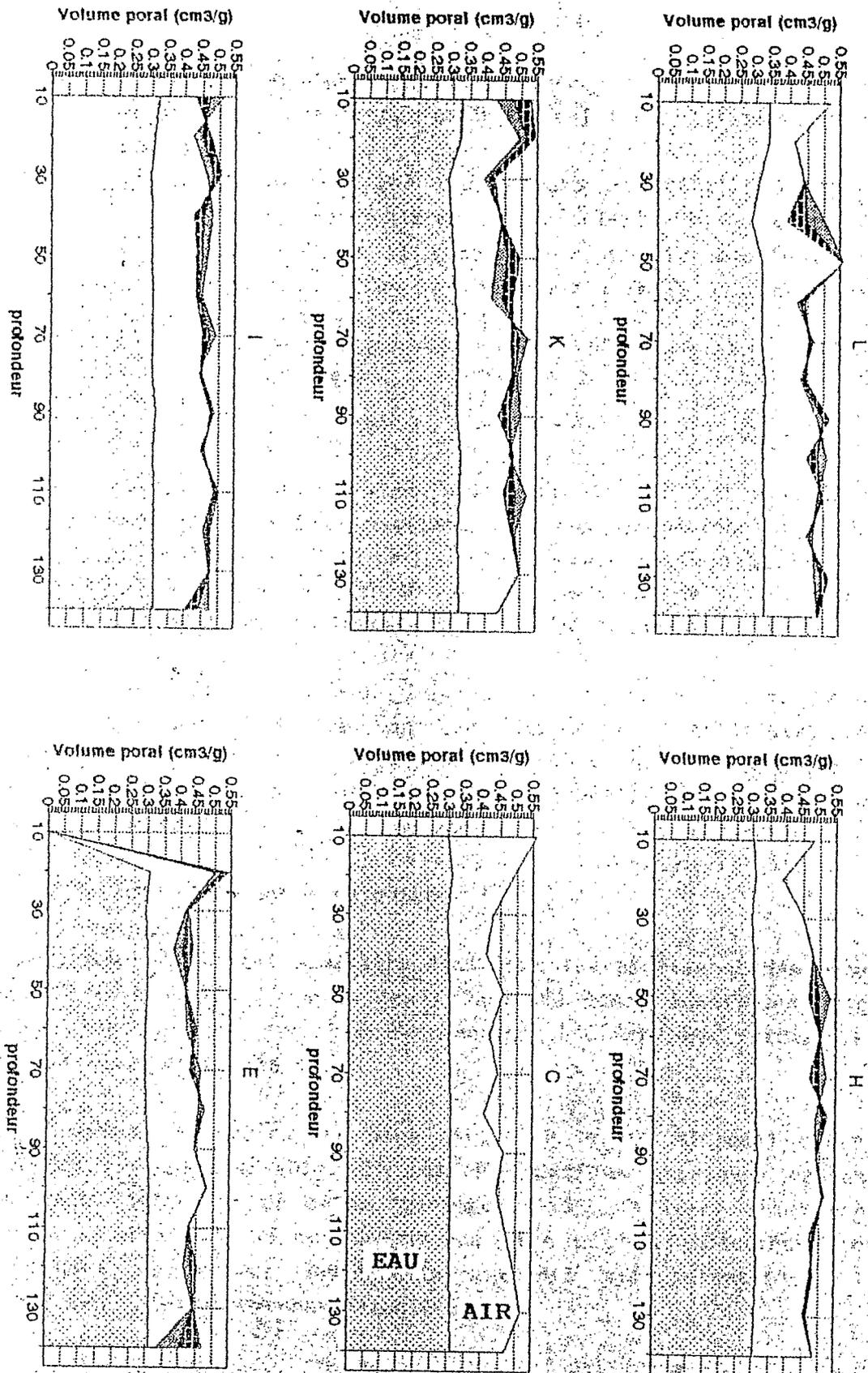


Fig. 3 : représentation des profils de volume poral des 6 fosses I, K, L, E, C et H. Les profils hydriques moyens mesurés sur le terrain ont été indiqués à gauche ; le profil de volume massique apparent moyen est indiqué à droite ; la différence entre les 2 représente le volume en air. Les répétitions des mesures du volume massique apparent ont été indiqués et un figuré rajouté pour faire ressortir les différences avec le profil moyen (et).

Le volume en air moyen de chaque profil d'environ $0,15 \text{ cm}^3/\text{g}$, avec des coefficients de variation aux alentours de 20 %. Ceci rend difficile, voire impossible, les comparaisons.

Malgré tout il faut constater que les valeurs de porosité les plus faibles sont observées dans les horizons superficiels (20 à 40 cm de profondeur). A ce stade de l'étude il semble donc que la diminution de porosité ou "compaction" observée dans ces horizons affecte les pores les plus grands (inter-agrégats).

CONCLUSIONS

i) le site est homogène sur le plan "volume poral". Il est caractérisé par une valeur moyenne de volume massique apparent d'environ $0,84 \text{ cm}^3/\text{g}$ ($D_a=1,20$) soit une porosité de $0,46 \text{ cm}^3/\text{g}$, et la présence d'un horizon de plus faible porosité entre 20 et 40 cm que nous avons donc appelé "compacté" : $V_{\text{poral}} \# 0,40 \text{ cm}^3/\text{g}$ ($V_{\text{massiq.app.}} = 0,78 \text{ cm}^3/\text{g}$, $D_a=1,28$) ;

ii) les hétérogénéités les plus importantes (entre parcelles ou au sein d'une fosse) sont observées dans les horizons superficiels, les horizons sous-jacents étant tous similaires. Il ressort de ces faits que la couverture pédologique ne présente pas de discontinuité au sein du dispositif expérimental. Seuls les horizons superficiels présentent une plus grande variabilité du fait de l'activité biologique (végétale et animale) ou d'anciennes activités de culture ;

iii) la teneur en eau est similaire dans tous les profils et dans tous les horizons : environ 30% ; toutes les situations étant identiques avant mises en culture il sera possible de mesurer l'effet des itinéraires techniques sur la rétention en eau ;

iiii) le volume des pores les plus gros (>50 à 100 microns) est la caractéristique la plus variable. Or les dégradations physiques passent souvent par une diminution de cette "macroporosité". Celle-ci étant très variable sur le site elle risque de ne pas être un bon indicateur, ou alors le nombre de mesures devra être augmenté afin d'améliorer la précision sur les valeurs moyennes calculées.

Les données physiques que nous avons à notre disposition donnent l'image d'un terrain où la variabilité spatiale est faible. Par conséquent aussi bien le bloc II que le bloc III peuvent être choisis pour l'implantation du dispositif tensio-neutronique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- B. Barthès, C. Hartmann & B. Nyeté, 1992a.- Mesures de résistance à la pénétration sur 4 fosses du site IBSRAM à Loudima (Congo). DGRST-ORSTOM, Brazzaville, 7 p.+ 3 fig (Lesc 01/92).
- 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 (Lesc 02/92).
- B. Barthès, C. Hartmann & B. Nyeté, 1992c.- Compte-rendu des missions pédologiques de novembre 1992 sur le site IBSRAM de Loudima (Congo). Description macro-morphologique sur fosses et sondages; profils hydriques. DGRST-ORSTOM, Brazzaville, 15 p.+ 3 fig (Lesc 03/92).
- B. Barthès, C. Hartmann & B. Nyeté, 1992d.- Résultats d'analyses chimiques du niveau 0-20 cm sur 28 parcelles du site IBSRAM à Loudima (Congo) en juillet 1992. DGRST-ORSTOM, Brazzaville, 17 p.+ 7 fig (Lesc 04/92).
- B. Barthès, C. Hartmann & E. Toutou-Missié, 1993.- Mesures de teneur en eau pondérale et de résistance à la pénétration sur le site IBSRAM de Loudima (Congo). Choix de sites de mesures. DGRST-ORSTOM, Brazzaville, 23 p (Lesc 02/93).
- Nyété, B., 1993. Expérimentations de systèmes agricoles à base de manioc de la vallée du Niari. Rapport d'avancement technique du projet "Sols acides" IBSRAM/Congo, année 1992. DGRST-ORSTOM, Brazzaville, 13p.