

Modifications morphologiques d'un sol ferrallitique de Côte d'Ivoire sous différents modes de mise en culture.

TAMIA Ama Joséphine*, MOREAU Roland* et FORTIER Michel**

** Laboratoire d'Etude du Comportement des Sols Cultivés
ORSTOM, 911, avenue Agropolis - B.P. 5045
34032 Montpellier CEDEX 01.*

*** Laboratoire d'Agrologie UR - FCM CIRAD - CA,
avenue du Val de Montferrand - B.P. 5035
34032 Montpellier CEDEX 01.*

RESUME

Sur un sol ferrallitique forestier graveleux, de Côte d'Ivoire, l'examen du profil cultural de parcelles défrichées mécaniquement et mises en culture par semis direct ou labourées, associé à la porosimétrie à mercure, confirme l'effet compaction attribué aux opérations de mise en culture par comparaison à un profil sous forêt naturelle. Cet effet se manifeste par une chute importante de la macroporosité, une augmentation de la résistance à la pénétration et une diminution du nombre de racines sur parcelle non labourée. Le labour, quant à lui, est associé à une bonne qualité de l'espace poral, bien que des volumes structuraux massifs, dont on pourrait attribuer l'origine à la compaction de l'horizon de surface lors du défrichement, représentent encore 16% de la surface de l'horizon labouré, après quatre années de culture.

INTRODUCTION

Les opérations préculturelles (défrichement et travail du sol) engendrent souvent des perturbations importantes au niveau du sol. Ces modifications sont surtout marquées lorsque le défrichement est réalisé au bulldozer. (Boka, 1986; Gnamba, 1986; Moreau, 1986; Yoro et Godo, 1990). Elles se caractérisent par la présence de micro reliefs (zone d'accumulation, zone de décapage) et par des tassements du sol, entraînant une diminution du volume initial des pores de taille supérieure à 0.1 μm , réduisant ainsi l'infiltration de l'eau dans le sol (Grimaldi *et al.*, 1993).

Pour comprendre les conséquences des pratiques agricoles sur l'évolution des caractères du sol, une étude sur l'effet du défrichement et du travail de sol est conduite en Côte d'Ivoire, dans le cadre du projet "Défrichement et Sol acide" du réseau AFRICALAND de l'IBSRAM (*International Board for Soil Research and Management*).

L'objectif de cette note est de rendre compte, d'une part, des perturbations morphologiques survenues dans le sol à la suite d'une mise en culture selon différents traitements (défrichement et travail du sol) et, d'autre part, des conséquences sur les caractéristiques de l'espace poral.

MATERIEL ET METHODES

Terrain et dispositif expérimental

Le site est situé dans la région de Bécédi au Sud de la Côte d'Ivoire (Godo et al., 1989). C'est une zone forestière, sous un climat équatorial attiéen intérieur (Boissezon 1967) à quatre saisons, avec une pluviométrie moyenne annuelle de 1600 mm. Le sol est de type ferrallitique fortement désaturé sur schistes birrimiens à filons de quartz; ce qui confère au sol un caractère très graveleux (graviers et cailloux de quartz, gravillons ferrugineux). Le terrain a connu quatre années de mise en culture de maïs et d'arachide, en alternance, après différentes techniques de défrichage et de travail du sol. Trois types de défrichage (traditionnel, semi-mécanisé, mécanisé) et trois modes de travail (non travail, minimum travail, labour) ont été appliqués. Le dispositif expérimental est composé de 6 traitements en trois répétitions et d'un témoin sous forêt, soit 19 parcelles. On ne retiendra ici que trois situations : le témoin sous forêt (F), une parcelle après défrichage mécanisé et sans labour du sol (Ms) et une parcelle après défrichage mécanisé et labourée (MI) au tracteur, avec une charrue à soc, jusqu'à 30 cm de profondeur (fig. 1).

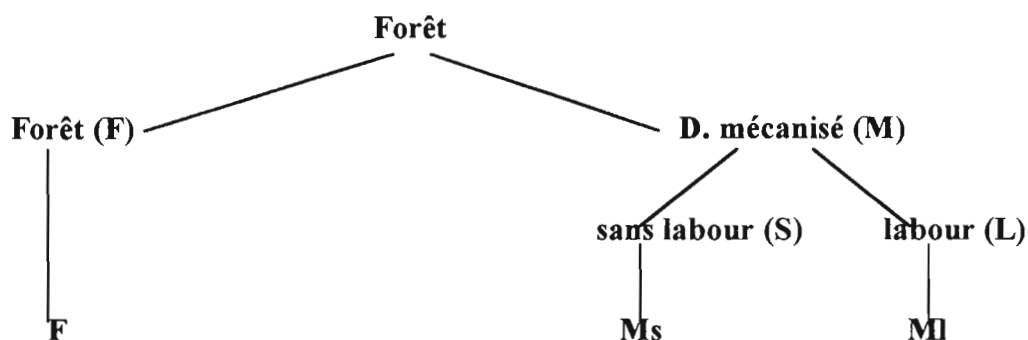


Fig. 1 Schéma des situations étudiées

Observations et déterminations

L'analyse des perturbations morphologiques est abordée à différents niveaux d'organisation avec une stratification des observations du sol dans l'espace pour les différents traitements (parcelle, profil cultural, volumes morphologiques homogènes, mottes).

L'étude du profil cultural dans les 40 premiers centimètres du sol a permis d'identifier différentes unités morphologiques homogènes (UMH), variant selon le mode de traitement appliqué. Plusieurs paramètres ont permis de caractériser les modifications morphologiques. Ce sont notamment, la *couleur*, la *texture* et la *structure*. L'*enracinement* a été évalué et cartographié à l'aide d'une grille à maille carrée (2 cm x 2 cm) plaquée contre la paroi du profil cultural. La *résistance* à la pénétration a été mesurée à l'aide d'un pénétromètre à cône (DIK - 5551 Push - Cone) de type Yamanaka (Moreau et Nagumo, 1994).

La porosimétrie à mercure, permettant d'évaluer le volume poral et la répartition des pores en fonction de leur diamètre d'accès au mercure, a été réalisée à l'aide d'un appareil *Pore Sizer 9310, Micrométriecs*. La gamme de diamètres explorés par cet appareil s'étend de 400 à 0.006 μm . L'échantillon d'une taille inférieure à 20 mm, déshydraté à l'étuve à 105°C, est préalablement soumis à un vide de l'ordre de 1.10^{-5} Mpa avant le remplissage de la cellule par

le mercure. Afin de rendre toutes les courbes comparables, les valeurs d'intrusion sont ramenées à un diamètre de référence par interpolation entre deux mesures successives. Ces mesures de porosimétrie à mercure sont réalisées sur des échantillons prélevés dans les UMH.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Impact du défrichage et du labour sur le profil cultural

Les cartes des unités morphologiques homogènes (A11; A12; A2; B2 pour F; A1(ms), A2(ms) et B2(ms) pour Ms ; Ap1(ml), Ap2(mla), Ap2(mlb) et B2(ml) pour Ml) et celles de l'enracinement associé à chaque traitement sont représentées sur les figures 2a, a', 2b, b' et 2c, c'. La légende des UMH de la figure 2, a été établie en privilégiant d'abord les caractères fondamentaux du matériel pédologique tels que la couleur, la texture ainsi que le positionnement dans le profil. Ces caractères permettent d'établir des filiations entre les UMH de la forêt et celles des parcelles sous culture Ms et Ml. Les caractères structuraux conduisent à un deuxième niveau de distinction entre ces unités. Ils rendent compte des modifications résultant des conditions de mise en culture.

L'effet du défrichage se traduit par la disparition de l'horizon de surface A11 observé sous forêt (fig. 2a), réduisant ainsi le nombre d'horizon à trois sur Ms (fig. 2b) pour la profondeur considérée, avec quelques modifications des caractéristiques des horizons observés (tab. 1).

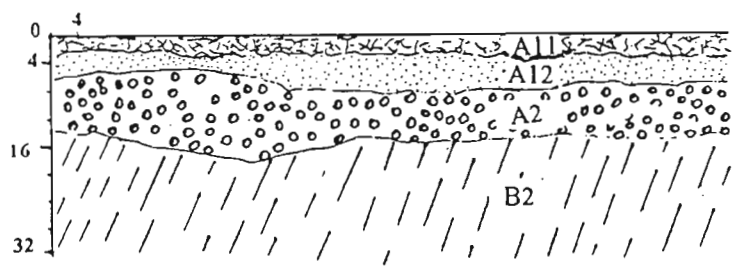
Horizon 1 (A1) : La structure grumeleuse à faible cohésion avec une grande porosité inter agrégat, sous forêt (A11 et A12), passe à une structure presque massive avec une absence de porosité interagrégats sur la parcelle défrichée sans labour (Ms). on note un accroissement de la résistance à la pénétration qui passe de 1.40 kg/cm² sous forêt, à 3.40 kg/cm² sur Ms. Ce changement de structure, associé à l'augmentation de la résistance, témoigne d'une compaction de cet horizon A1, résultant du défrichage et de la mise en culture. Cependant, la couleur de A1 (brun à brun sombre 10 YR 4/3) est peu différente de celle des unités sous forêt (brun à brun sombre 10 YR 4/3 pour A11, et brun sombre jaunâtre 10 YR 4/4 pour A12).

Horizon 2 (A2) : L'effet est également marqué par un changement de structure lorsqu'on passe de A2 sous forêt, à A2(ms) sur Ms, mais à un degré moindre par rapport à l'horizon 1. Des polyèdres émoussés grossiers, sous forêt, on passe à des polyèdres anguleux fins à moyens. Cet horizon présente un léger accroissement de la résistance à la pénétration, qui passe de 8.50 kg/cm² sur F, à 10 kg/cm² sur Ms, la couleur reste la même (brun sombre jaunâtre 10 YR 4/6).

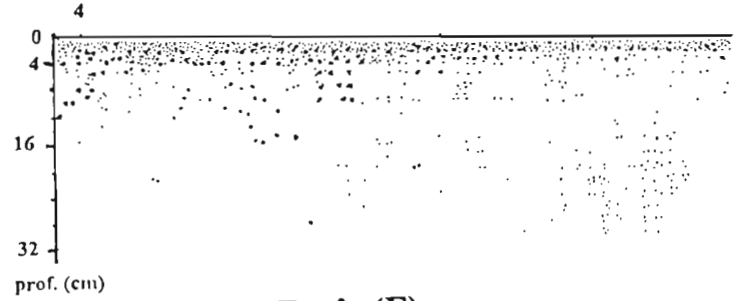
Horizon 3 (B2) : L'impact du défrichage n'est pas visible. Dans les deux situations (sous forêt et sur Ms), l'horizon est brun (7.5 YR 5/4) sous forêt et brun vif (7.5 YR 4/6) sur Ms. Il est fragmentaire peu net, peu meuble à cohérent avec une porosité fissurale. La résistance à la pénétration est de 10.50 kg/cm².

L'enracinement n'est bien sûr pas comparable, étant donné que nous n'avons pas affaire aux mêmes espèces végétales sous forêt et sur parcelle en culture. Cependant, il est superficiel tout aussi bien sous forêt que sur Ms.

L'effet du labour se traduit par le passage des horizons continus sur parcelle non labourée Ms, à des unités ou volumes discontinus plus ou moins homogènes sur parcelle labourée Ml (fig. 2c). Il s'en suit une modification de caractéristiques morphologiques. En comparant l'épaisseur (30cm) de la couche labourée à celle des horizons initiaux A1 (8cm), A2 (12cm) et B2 (20cm observé), on peut conclure que le travail du sol a affecté A1, A2 et

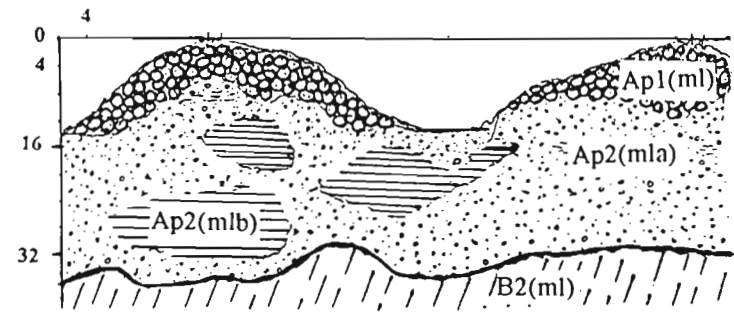


a

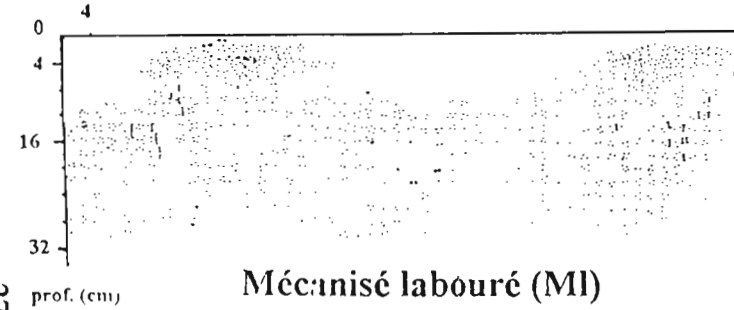


a'

Forêt (F)

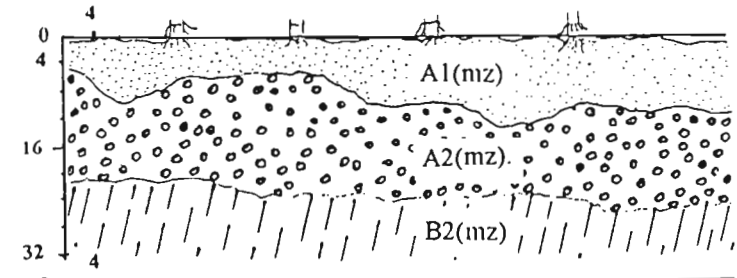


c

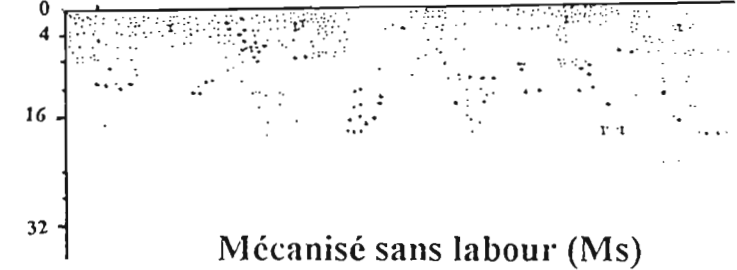


c'

Mécanisé labouré (Ml)



b



b'

Mécanisé sans labour (Ms)

Légende : prof. (cm)



A11 : brun à brun sombre (10 YR 4/3), tapis racinaire, limono-sableux, fragmentaire grumelleux très net, gros agrégats (cm)



A12; A1(ms) : brun à brun sombre (10 YR 4/3) pour A1(ms) et brun sombre jaunâtre (10 YR 4/4) pour A12, limono-sableux, peu graveleux avec quelques éléments grossiers (EG) pour les deux, fragmentaire grumelleux net (cm) pour A12 et fragmentaire peu net à massif pour A1(ms)



A2; A2(ms) : brun sombre jaunâtre (10 YR 4/6), limono-argileux, 30% de EG pour A2, fragmentaire peu net à massif, débit grossier (cm) pour A2 et moyen à fin (mm) pour A2(ms).



B2; B2(ms); B2(ml) : brun (7.5 YR 5/4) sous forêt et brun vif (7.5 YR 4/4 à 4/6), pour B2(ms) et B2(ml), argilo-limoneux, graveleux (EG >50%), massif à fragmentaire peu net et anguleux.



Ap1(ml) : Brun sombre (10 YR 3/3), limono-sableux, graveleux (40% de EG), meuble, fragmentaire grumelleux net, agrégats (cm) et terre fine.



Ap2(mla) : Brun sombre (10 YR 3/3), limono-sableux, graveleux (50% de EG), peu cohérent, fragmentaire peu net (terre fine et mottes de type gamma).



Ap2(mlb) : Brun sombre jaunâtre (10 YR 4/4), limono-argileux, peu graveleux (30% de EG) cohérent, massif continu (motte de type delta).



limite de labour.

Fig. 2 : Schémas (cartographie) des profils culturaux (a, b, c) et des enracinements (a', b', c')

seulement environ 10cm de B2. Les unités Ap proviennent du remaniement des horizons A1, A2 et partiellement de B2. Ces volumes sont composés de terre fine et d'éléments grossiers (graviers de quartz et gravillons ferrugineux). Si on considère l'espace du profil cultural exploré par les plantes cultivées (40cm maximum ici dans le cas du maïs), et l'analogie entre les positions des horizons et des volumes, on peut établir une comparaison entre les situations.

Volume 1; Ap1(ml) : Brun sombre (10 YR 3/3). L'impact du labour se traduit par l'existence d'une structure grumeleuse grossière peu cohérente semblable à celle du A12 sous forêt. La résistance est faible, 0.5 kg/cm² contre 1.40 kg/cm² de A12 sous forêt et 3.40 kg/cm² de A1(ms) sur parcelle non labourée Ms. Cette unité Ap1(ml) résulte du remaniement du matériel en terre fine lors de la confection des billons, à la houe, après le passage du tracteur.

Volume 2a; Ap2(mla) : Brun sombre (10 YR 3/3) comme Ap1(ml). Il est fragmentaire émoussé, meuble, contrairement à A2 sous forêt et A2(ms) de Ms, plus massifs et plus cohérents. Il est plus résistant (2 kg/cm²) que Ap1(ml) (0.5 kg/cm²), mais moins que A2 (8.5kg/cm²) sous forêt et A2(ms) (10 kg/cm²) de Ms.

Volume 2b; Ap2(mlb): Il est composé de volumes brun sombre jaunâtre (10 YR 4/4) isolés dans la masse de terre que constitue Ap2mla. Il est très différent des autres par sa structure massive continue, sa forte cohésion et sa résistance à la pénétration (14 kg/cm²), beaucoup plus élevée que celle des autres unités.

Volume 3; B2(ml): brun sombre jaunâtre 10 YR 4/4. Il n'est pas perturbé par le travail du sol et possède les mêmes caractéristiques que B2 sous forêt et B2(ms), sur Ms. Il est massif à fragmentaire peu net, meuble à cohérent. Il présente une porosité fissurale et une résistance de 10.50 kg/cm².

D'une manière générale, l'enracinement du maïs est plus abondant et plus profond sur la parcelle labourée MI que sur la parcelle non travaillée Ms pour la profondeur (40 cm) explorée (tableau 1). Il varie de 169 racines/dm² entre 0 à 8 cm de profondeur, à 33 racines/dm² entre 8 et 40 cm de profondeur pour Ms. Il est 3 à 6 fois supérieur à profondeurs comparables sur MI, soit 523 racines/dm² entre 0 et 7 cm et 220 racines/dm² entre 7 et 40 cm. Les volumes les moins résistants sont mieux pourvus en racines que ceux de résistance élevée. Ainsi, à profondeur égale, Ap2(mla) (2 kg/cm²) contient 146 racines/dm² alors que Ap2(mlb), plus résistant (14 kg/cm²), ne contient que 71 racines/dm² (tab. 1).

Parcelles	UMH	Proportion des UMH (%) pour (40 cm x 100 cm) de surface	Profondeur (cm)	Nombre de racines/dm ²	Résistance kg/cm ²
Forêt (F)	A11	5.7	0 - 3	775.0	0.1
	A12	10.3	3 - 9	187.3	1.4
	A2	21.2	9 - 18	40.1	8.5
	B2	53.2	18 - 40	3.5	10.6
Mécanisé sans labour (Ms)	A1(ms)	20.3	0 - 8	169.5	3.4
	A2(ms)	36.1	8 - 20	33.4	10.1
	B2(ms)	43.6	20 - 40	0.0	10.3
Mécanisé labourée (MI)	Ap1(ml)	15.0	0 - 7	523.1	0.5
	Ap2(mla)	37.7	7 - 32	146.1	2.1
	Ap2(mlb)	16.6	16 - 28	71.4	14.1
	B2(mlb)	31.0	32 - 40	2.7	10.5

Tableau 1 : répartition de l'enracinement et de la résistance dans le profil cultural.

L'impact du *défrichement* est donc marqué, sur la parcelle Ms, par une disparition de l'horizon superficiel A11, un changement de la structure qui devient plus massive et par un accroissement de la résistance à la pénétration. Les deux premiers horizons A1 et A2 sont les plus affectés. Le *labour* a entraîné une perturbation dans l'organisation du profil, avec formation de UMH et le maintien d'une structure fragmentaire, avec l'existence de volumes isolés Ap2(mlb) très cohérents et de forte résistance à la pénétration. L'abondance de racines sur Ml montre un effet bénéfique du labour, qui permet ainsi de remédier à la dégradation physique constatée sur la parcelle non labourée Ms.

Impact du défrichement et du labour sur les caractéristiques porales (porosimétrie au mercure)

Compte tenu de la taille de l'échantillon passant au porosimètre à mercure (Hg), Les EG susceptibles d'entrer en ligne de compte sont ceux du groupe des graviers compris entre 0.2 et 0.5 cm. Ces EG sont faiblement altérés, donc de faible porosité, située pour la majorité des cas dans la gamme de la microporosité et de la porosité matricielle en générale peu affectée par les activités agricoles. Porosité totale EG = 0.013 cm³/g avec 75% de diamètre de pore < 0.5µm. Les courbes dérivées (Fig 3a, b, c) présentent des répartitions porales qui diffèrent d'un UMH à l'autre au sein d'une situation donnée. Le *tableau 2*, renferme les caractéristiques porales des échantillons et la figure 4, l'impacts des traitements sur les UMH.

Parcelles	UMH	Intrusion (cm ³ /g)	Diamètre médian (µm)	Densité apparente	porosité totale Hg en (%)	EG (%) pondéral par UMH
Forêt (F)	A11	0.3238	16.0	1.4	45.3	3.3
	A12	0.2733	12.5	1.6	42.3	28.9
	A2	0.2247	7.2	1.7	37.3	19.0
	B2	0.2020	3.0	1.8	36.1	61.0
Mécanisé sans labour (Ms)	A1(ms)	0.2464	1.6	1.6	39.6	6.8
	A2(ms)	0.2522	0.6	1.6	40.4	0.7
	B2(ms)	0.2178	0.1	1.7	36.9	6.0
Mécanisé labourée (Ml)	Ap1(ml)	0.2468	11.4	1.6	40.0	24.5
	Ap2(mla)	0.2351	7.9	1.7	39.4	52.5
	Ap2(mlb)	0.2298	1.8	1.6	37.7	0.0
	B2(ml)	0.1328	0.1	2.0	27.1	73.9

Tableau 2 : Caractéristiques porales des échantillons.

Les résultats, consignés dans le tableau 2, montrent une baisse de la porosité totale (Hg) du haut vers le bas du profil quelque soit la situation, d'une part, et de la forêt (F) aux parcelles défrichées (Ms et Ml) pour les horizons supérieurs, d'autre part.

Diamètre médian

Le diamètre médian, c'est à dire le diamètre pour lequel le volume poral est rempli à 50% , caractérise la finesse de l'espace poral des échantillons. Plus il est faible, plus la porosité

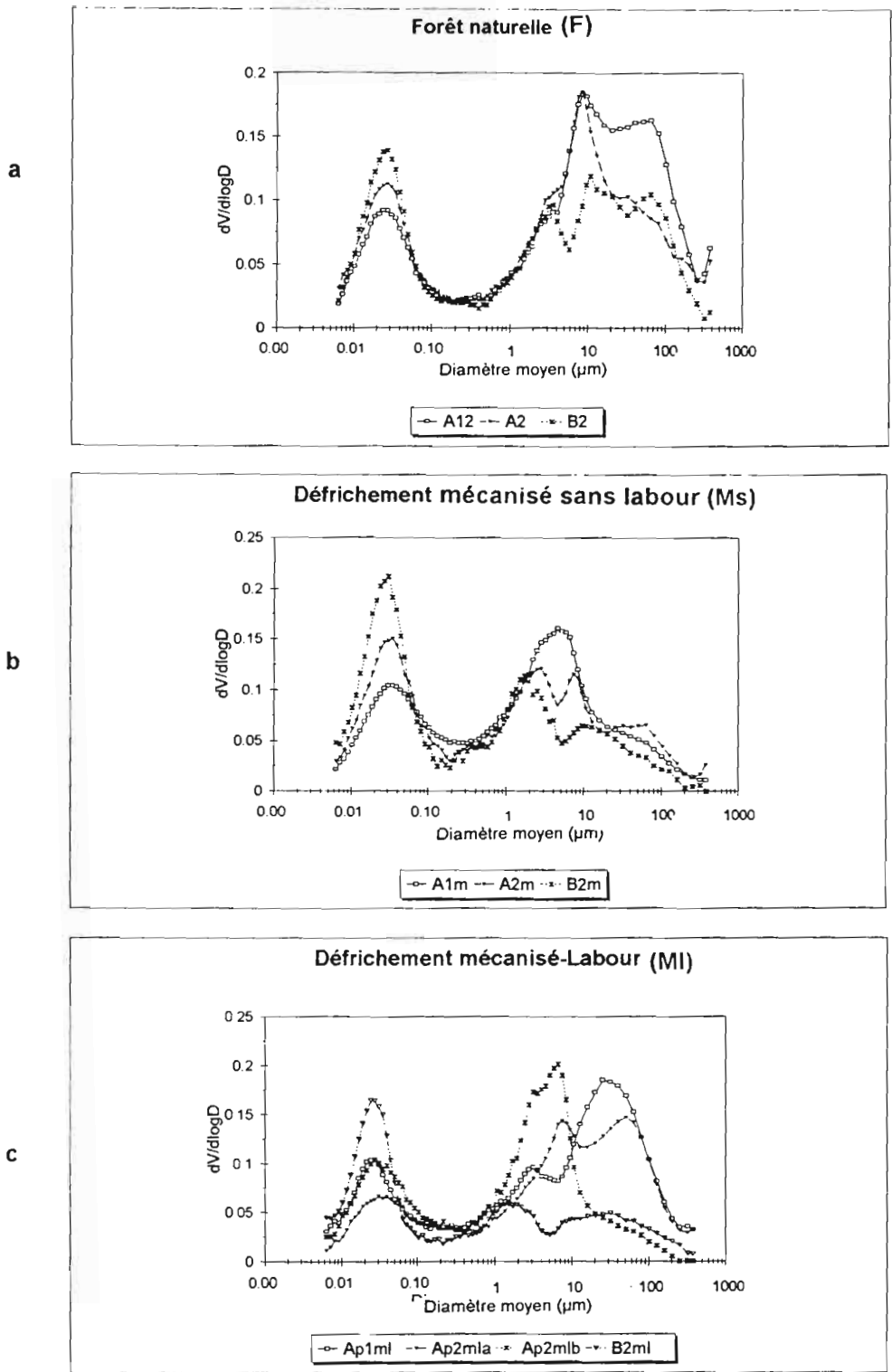


Fig. 3a,b,c : Distributions porales des unités morphologiques

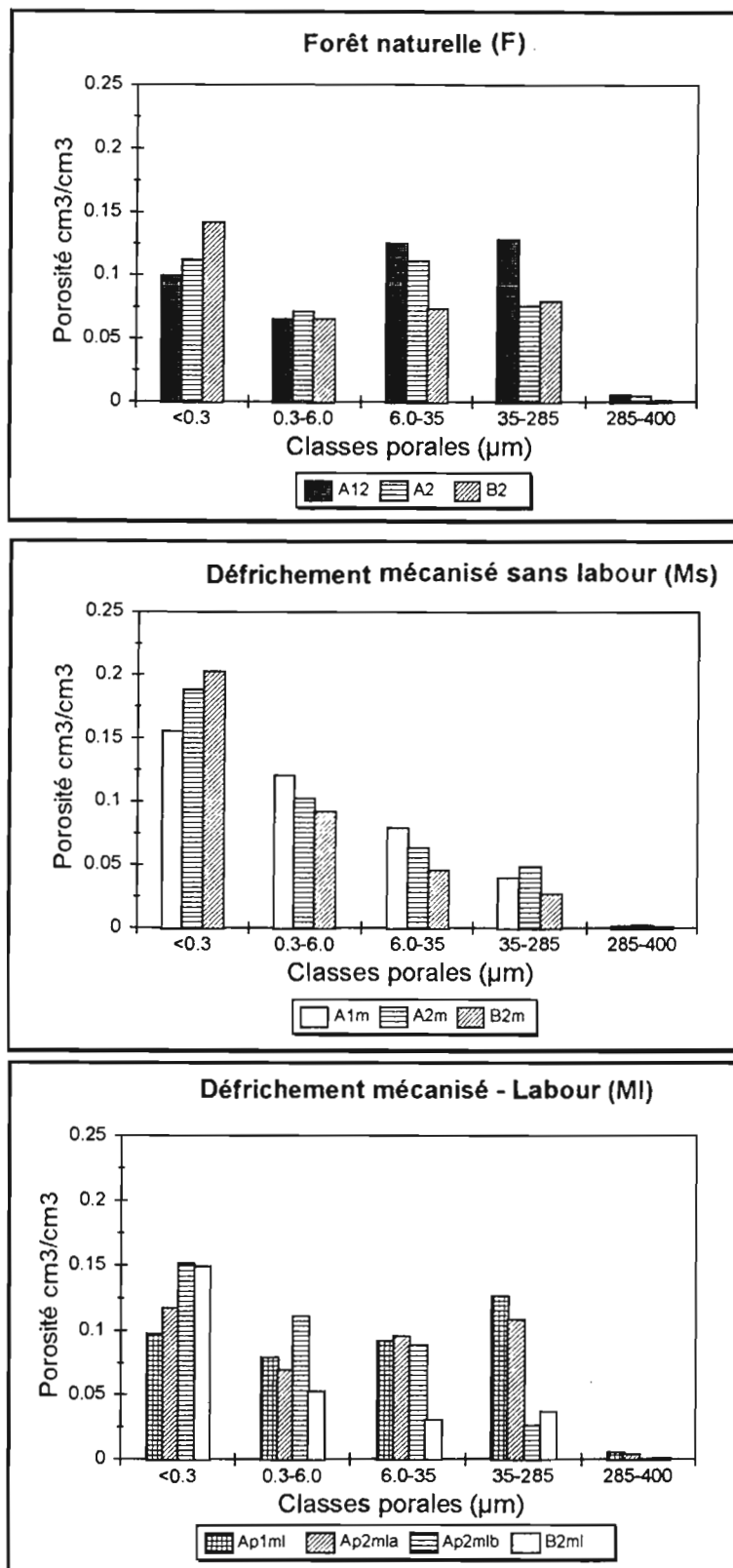


Fig4: Impact du défrichage mécanisé et du labour sur les classes porales.

est fine. Sa valeur décroît avec la profondeur tant sur la parcelle sous forêt F, que sur la parcelles sans labour Ms et labourée Ml.

Les horizons A de Ms, de même que le volume Ap2(mlb) de Ml, se distinguent par un diamètre médian de très faible valeur. En comparaison du profil sous forêt, ce resserrement de la porosité vers des pores de faible diamètre pourrait être attribué à un compactage dû aux opérations de défrichage. Quant aux autres UMH de Ml, les valeurs de diamètre médian plus proches de celles de F montrent que le labour a permis de redonner au sol une bonne qualité de l'espace poral dans les horizons labourés.

Les horizons profonds B2(ms) et B2(ml) des parcelles défrichées Ms et Ml présentent des diamètres médians pratiquement identiques (0.08 µm), apparemment plus faibles que celui de B2 sous forêt (3 µm). Ceci peu laisser supposer que des effets de la mise en culture (modification du pédoclimat, de l'activité biologique...) ont pu aussi se répercuter jusqu'au niveau de l'horizon B2.

Les classes de pore

L'observation des courbes de distribution de la taille des pores, ou spectre poral, *dérivées des courbes cumulées (Fig. 3a, 3b, 3c)*, montre que celles-ci sont nettement bimodales, séparant la porosité en deux grandes classes de pores autour d'un diamètre moyen de l'ordre de 0.3 µm. Cette valeur de diamètre est comparable à celle observée sur d'autres sols ferrallitiques (CARVALHO *et al.*, 1991) ou ferrugineux (COLLEUILLE, 1993).

La première classe (D < 0.3µm) correspond à la porosité matricielle développée en général par l'assemblage des particules les plus fines du sol. Le mode se situe à une valeur moyenne de diamètre de 0.036µm, relativement constante.

La seconde classe (D > 0.3µm) correspond à la porosité ménagée par l'assemblage des agrégats entre eux (micro et mésoporosité). Cette partie des courbes présente souvent une allure plurimodale plus ou moins prononcée qui permet de caractériser différentes classes de pores. Ces classes sont définies par des valeurs seuils qui se recoupent assez bien pour les différentes UMH. On peut identifier quatre sous classes suivantes d'après les valeurs limites 0.3 - 6µm; 6 - 35µm; 35 - 285µm et 285 - 400 µm (tableau 3).

Types de classe de pore	Classes Fonctionnelles diamètres (µm)	Classes Observées diamètres (µm)	Caractéristiques
macroporosité	>2000		vers de terre et autres faunes
	200 - 2000	(280 - 400)	traces de radicelles
mésoporosité	60 - 200	35 - 280	drainage rapide
	20 - 60		drainage lent
	6 - 20	6 - 35	drainage très lent, limites racinaires
microporosité	0.2 - 6	0.3 - 6	
matricielle	<0.2	< 0.3	essentiel de la RU pF 4.2

Tableau 3 : Classes de pores (classes fonctionnelles ; selon Chamayou et Legros, 1989)

Il apparaît selon le tableau 3 que les valeurs limites définies ci - dessus sont en bonne concordance avec celles, fonctionnelles, définies par CHAMAYOU et LEGROS (1989). La valeur limite maximale de 400 μm , liée au porosimètre à mercure, ne permet pas de prendre en compte toute la macroporosité, alors que des gros pores sont souvent nettement visibles.

L'impact du défrichement et de la mise en culture sans labour du sol (Ms) se manifeste, quel que soit l'horizon, par une diminution de la méso et de la macroporosité et un accroissement de la microporosité et de la porosité matricielle (fig. 4).

Le labour (Ml) a permis sur les deux premiers volumes, Ap1(ml) et Ap2(ml), de maintenir une bonne qualité de l'espace poral. L'UMH compacte Ap2(mlb), présente dans le profil sous labour, se distingue des autres (Ap1(ml) et Ap2(mla)) par des porosités plus importantes pour les deux classes les plus fines, et corrélativement par une chute brutale pour les deux classes plus grossières (fig.4). Sa distribution porale s'apparente à celle de A1ms de la parcelle non labourée (fig. 3b, 3c). Ce volume pourrait correspondre à des éléments de l'horizon de surface, compacté au défrichement et enfoui sans destruction malgré les labours successifs.

CONCLUSION

Cette étude comparative à différentes échelles, montre une bonne adéquation entre les différentes données obtenues sur le terrain (études morphologiques, pénétrométrie, densité d'enracinement du maïs) d'une part, et au laboratoire d'autre part, avec le porosimètre à mercure.

Ces résultats concordent pour conclure que :

- le défrichement mécanisé, suivi de la mise en culture sans labour maintient les horizons superficiels A1, A2 et B2 en place, mais conduit toute fois à une dégradation de la structure de ces horizons. Cette dégradation se matérialise par la transformation de la structure macroagrégée grumeleuse sous forêt, en une structure peu fragmentaire à massive, associée à un accroissement de la résistance à la pénétration, avec une baisse de la macroporosité du sol d'environ 50% par rapport à la forêt; l'enracinement du maïs y est faible et superficiel.

- le défrichement mécanisé, suivi d'un labour profond (30 cm), entraîne une redistribution du matériel issu des horizons forestiers A1 et A2 et partiellement de B2 dans la couche labourée où se distinguent différentes unités morphologiques homogènes (UMH) caractérisant une plus grande hétérogénéité du profil. D'une façon générale, les horizons Ap se caractérisent par une bonne qualité de l'espace poral, une faible résistance à la pénétration et un enracinement trois fois plus abondant que sur parcelle non labourée. Cependant, des volumes plus compacts subsistant dans l'horizon de labour pourraient traduire un effet prolongé de compaction survenue au moment du défrichement. Une étude morphologique plus fine devrait confirmer cette hypothèse.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BOISSEZON P. de - 1967 : Etude pédologique de la zone vulnérable de l'IROBO. ORSTOM
- Ministère de l'Agriculture (Convention forestière) T. 1 - 78 p.

BOKA Anoh Marie - Thérèse - 1986: Modifications physiques d'un sol ferrallitique sous l'effet du défrichement lourd motorisé. *Mémoire de DIAT (ESAT). Montpellier. 48 pages.*

- CARVALHO, SR et al., 1991 : Tassement des sols ferrallitiques *podzolico vermelho amarelo* sous culture de canne à sucre. Apport d'une analyse de la porosité associée à une connaissance détaillée de la phase minérale. *Cah. Orstom, sér. Pédol.*, vol XXVI n°3, 1991:195-212
- CHAMAYOU, H. et LEGROS JP., 1989. Les bases physiques, chimiques et minéralogiques de la science du sol. *Collection Techniques Vivantes*. Agence de Coopération Culturelle et Technique. P. U. F Paris
- GNAMBA A. S. - 1986: Quelques effets du défrichement motorisé sur certains types de sol de Côte d'Ivoire. *Mémoire pour l'obtention du D. A. A. Option Agropédologie (ENSA - ABIDJAN)* 55p.
- GODO G., YORO G., GOUE B., AFFOU Y., - 1989 : Caractérisation physique et socio-économique du site expérimental IBSRAM de Bécédi Sous Préfecture de Sikensi. *Rapport technique n°1 IBSRAM, ORSTOM Adiopodoumé*, 32 p.
- GRIMALDI M., SARRAZIN A., CHAUVEL F., LUIZAO N., NUNES M., DE ROSARIO L. R. , AMBLARD P., TESSIER D. - 1993 : Effet de la déforestation et des cultures sur la structure des sols argileux d'Amazonie brésilienne. *Cahiers Agricultures*, 2, 1993, p. 36 - 47.
- MOREAU R. - 1986 : Effect of methods of deforestation and soil management on properties of some soils in Ivory Coast. "In" *Land Clearing and Développement in the tropics*. A. N. Balkema, Rotterdam, pp 247-264.
- MOREAU R. et NAGUMO F. - 1994 : Le pénétromètre Yamanaka et son utilisation pour l'évaluation des possibilités d'enracinements dans les horizons des sols cultivés. *Structure et fertilité des sols tropicaux, Montpellier - 12 et 13 septembre 1994*.
- YORO G. et GODO G. - 1990 : Identification de la microvariabilité après défrichement motorisé d'un sol ferrallitique issu de sables tertiaires. *Communication au Séminaire annuel de l'IBSRAM tenu à Madagascar du 10 au 18 janvier 1990. IBSRAM Proceedings n°10*, pp: 401 - 414.