

O R S T O M

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPERATION

---

Centre de Brazzaville

Laboratoire d'Etude des Sols Cultivés  
(LESC)

---

MESURES DE LA RESISTANCE  
A LA PENETRATION  
SUR 4 FOSSES DU SITE IBSRAM  
A LOUDIMA (CONGO)

B. BARTHES, C. HARTMANN ET B. NYETE

Octobre 1992

Référence 233 - LESC 01/92

16 SEPT. 1994

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire  
N° : 40541 ex. 1  
Cote : B

MESURES DE RESISTANCE A LA PENETRATION  
SUR 4 FOSSES DU SITE IBSRAM A LOUDIMA (CONGO)

B. Barthès, C. Hartmann, B. Nyété. ORSTOM, Brazzaville, CONGO  
octobre 1992

1. PRESENTATION

Sur le bloc expérimental IBSRAM (200 m x 200 m) en cours d'implantation, sis au Centre de Recherches Agronomiques de Loudima, dans la vallée du Niari au Congo, les sols, ferrallitiques, présentent des taux d'argile dépassant 50% dès la surface, et augmentant ensuite.

4 fosses (A, B, C et D) profondes de 1 m, longues de 1,5 m et larges de 1 m, y ont été ouvertes en mai 1992 (fin de saison des pluies), lorsque le site était encore sous savane. Ces fosses s'alignent le long d'un transect traversant le bloc en son milieu dans le sens ouest-est. La fosse A est située à l'amont, du côté de la piste; la fosse D est située plus aval, au fond du bloc expérimental; la dénivelée entre ces deux fosses extrêmes est de 1,6 m. Le dispositif expérimental doit permettre de comparer différents systèmes de culture, à base manioc pour l'essentiel, et comprendra 4 répétitions, chacune sur une bande large de 32 m, parallèle à la piste (donc orientée nord-sud). La fosse A est située entre les deux premières bandes, la fosse B, entre la deuxième et la troisième, la fosses C entre le troisième et la quatrième, et la fosses D à l'aval de la quatrième répétition (fig. 1).

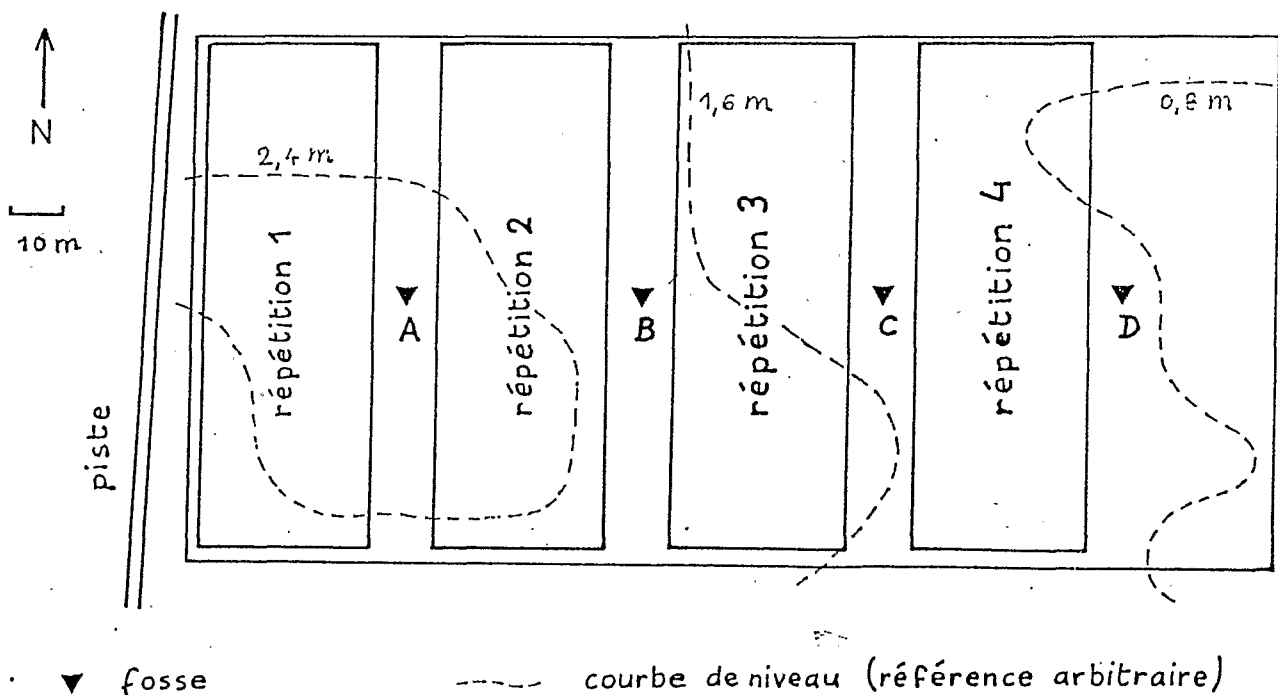


FIG. 1: LOCALISATION DES FOSSES

Sur une face de chacune de ces fosses, orientée nord-sud donc perpendiculaire à la pente, des tests de résistance à la pénétration ont été effectués à l'aide d'un pénétromètre.

Les mesures sont effectuées pour les profondeurs suivantes (en cm): 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 et 50. Pour chaque profondeur, les mesures sont répétées en se déplaçant latéralement de 10 cm en 10 cm, sur 140 cm (fosse A) ou 150 cm (fosses B, C et D) de large; pour chaque niveau prospecté, on dispose donc de 15 (fosse A) ou 16 (fosses B, C et D) mesures.

Les données brutes obtenues sur le terrain sont converties, à l'aide d'une abaque, en résistance à la pénétration, exprimée en  $\text{kg/cm}^2$ .

Pour chaque profondeur de chaque fosse, sur la base des données précédentes, on fait un calcul de moyenne, d'écart-type et de coefficient de variation (rapport écart-type/moyenne).

## 2. RESULTATS (fig. 2 & 3)

Avertissement: l'appréciation des valeurs de résistance à la pénétration est ici relative, c'est-à-dire qu'elle se réfère à l'ensemble des valeurs relevées dans les 4 fosses. En l'absence de référence, il n'est pas encore possible d'apprécier ces valeurs de manière absolue, et d'affirmer que tel niveau est meuble et tel autre cohérent dans l'absolu.

### 2.1 Fosse A

En moyenne, la résistance à la pénétration augmente à peu près régulièrement depuis la surface jusqu'à 25 cm de profondeur, pour atteindre un maximum de l'ordre de  $20 \text{ kg/cm}^2$ . Elle diminue ensuite faiblement, pour se stabiliser à partir de 40 cm à  $15 \text{ kg/cm}^2$  environ.

Dans l'ensemble, les matériaux prospectés dans cette fosse sont donc relativement meubles, par rapport aux autres fosses, avec un niveau un peu plus compact vers 25 cm.

L'hétérogénéité des données est appréciée, dans l'absolu, par les écarts-types. Ceux-ci sont assez modérés (moins de  $6 \text{ kg/cm}^2$ ) jusqu'à 15 cm, puis à partir de 40 cm de profondeur. Entre ces deux niveaux, ils sont un peu plus importants, ce qui traduit une augmentation du contraste, pour chacune des profondeurs considérées, entre des zones cohérentes et des zones plus meubles.

Il existe donc, de 20 à 35 cm de profondeur, une zone un peu plus hétérogène, qui se trouve être la plus cohérente en moyenne.

Le coefficient de variation (rapport écart-type/moyenne) nous renseigne sur l'hétérogénéité relative des matériaux prospectés. Il montre dans l'ensemble une décroissance du sommet vers la base du profil. Dans le détail, l'évolution avec la profondeur est assez saccadée, avec une valeur très forte en surface (80%), liée à la forte activité biologique, puis des variations d'amplitude assez marquée de 10 et 30 cm (entre 30% et 50%), et enfin une stabilisation au-delà, autour de 40%. Ces valeurs traduisent des variations importantes à un niveau donné, mais restent relativement modérées dans le contexte de cette prospection pénétrométrique, comme nous le verrons avec les fosses suivantes.

On peut donc considérer que, sauf en surface où le coefficient de variation est extrême, il montre à partir de 10 cm une valeur de  $40\% \pm 10\%$ . Ceci confirme, pour chaque profondeur, la relative homogénéité de cette fosse, en terme de cohésion.

## 2.2 Fosse B

En moyenne, cette fosse est marquée par des valeurs de résistance à la pénétration élevées: on dépasse déjà  $10 \text{ kg/cm}^2$  à 5 cm de profondeur, pour atteindre presque  $25 \text{ kg/cm}^2$  à 20 cm; on reste ensuite au-dessus de  $20 \text{ kg/cm}^2$  jusqu'à 35 cm, avant de diminuer vers  $15 \text{ kg/cm}^2$  à partir de 40 cm. Les valeurs mesurées sont donc globalement plus élevées que dans la fosse A, mais on retrouve une évolution comparable: une phase ascendante jusqu'à un maximum, à 25 cm (fosse A) ou 20 cm (fosse B) de profondeur, une décroissance avant une légère remontée jusqu'à un maximum relatif à 35 cm, puis une décroissance.

Sur cette fosse, on mesure donc des résistances plus élevées, mais l'évolution avec la profondeur est comparable à celle de la première fosse, avec un maximum absolu vers 20 cm et un maximum relatif à 35 cm.

Les valeurs observées sont relativement homogènes en surface, avec un écart-type de l'ordre de  $4 \text{ kg/cm}^2$  à 5 cm; mais l'hétérogénéité par niveau augmente très fortement, l'écart-type atteignant  $12 \text{ kg/cm}^2$  à 20 cm, avant de redescendre entre 5 et  $7 \text{ kg/cm}^2$  de 30 à 40 cm, puis à  $3 \text{ kg/cm}^2$  à 50 cm.

Cette fosse, qui présente des matériaux cohérents, montre de fortes hétérogénéités aux différents niveaux, sauf à 50 cm. Les profondeurs qui montrent les résistances les plus élevées (20-25 cm, 35 cm) sont également celles pour lesquelles cette résistance est la plus variable.

Le coefficient de variation oscille entre 35% et 50% jusqu'à 25 cm, puis entre 20 et 40% au-delà.

### 2.3 Fosse C

L'examen des moyennes de résistance à l'enfoncement aux différentes profondeurs montre une différence marquée avec les fosses précédentes; en effet, le maximum de cohésion est ici observé à 35-40 cm, ce qui est sensiblement plus profond que pour A et B, où on observait un maximum absolu vers 20-25 cm, puis un maximum relatif à 35 cm. Pour le reste, les valeurs observées se démarquent peu de celles de la plupart des autres fosses, avec un départ (5 cm) à 6 kg/cm<sup>2</sup>, un maximum à environ 23 kg/cm<sup>2</sup>, et une arrivée (50 cm) vers 15 kg/cm<sup>2</sup>.

Si le champs balayé par les valeurs de résistance moyenne aux différents niveaux diffère peu ici des autres fosses, le maximum de cohésion est atteint vers 35-40 cm, donc plus profondément que pour A et B.

Les écarts-types afférents à ces moyennes croissent fortement depuis la surface (3-4 kg/cm<sup>2</sup>) jusqu'à un maximum d'hétérogénéité à 30 cm (10 kg/cm<sup>2</sup>), profondeur légèrement inférieure à celle de cohésion moyenne maximale; ils décroissent ensuite nettement pour retrouver à partir de 35 cm des valeurs proches de celles des autres fosses, atteignant finalement 5 kg/cm<sup>2</sup> à 50 cm.

Entre 10 et 35 cm, les matériaux prospectés montrent une forte hétérogénéité, juste au-dessus du maximum de cohésion moyenne. Par contre, en surface et à partir de 35 cm, l'hétérogénéité est peu différente de celle de l'ensemble des autres parcelles, et relativement modérée.

Les coefficients de variation (écart-type/moyenne) sont importants jusqu'à 30 cm (50 à 70%), puis diminuent au-delà (environ 30%).

Ceci confirme la forte hétérogénéité des niveaux situés au-dessus du maximum de compacité (35-40 cm).

### 2.4 Fosse D

Jusqu'à 35 cm, cette fosse est caractérisée par des résistances moyennes nettement plus faibles que dans les autres cas étudiés. A 40 cm, on atteint un maximum un peu au-delà de 20 kg/cm<sup>2</sup>, relativement modeste, avant de redescendre aux alentours de 15 kg/cm<sup>2</sup>, cas général à 50 cm.

La fosse D montre, dans l'ensemble, les matériaux les plus meubles. Comme pour la fosse C, on y observe un maximum de résistance vers 40 cm.

Ces faibles valeurs moyennes sont associées à de faibles écarts-types, surtout jusqu'à 15 cm (<3 kg/cm<sup>2</sup>). Au-delà, l'hétérogénéité des matériaux observés aux différentes profondeurs augmente un peu, mais reste relativement modérée (écart-type de l'ordre de 5 à 6 kg/cm<sup>2</sup>).

Les matériaux observés dans cette fosse sont les plus meubles en moyenne, ce sont également les plus homogènes.

Les résistances moyennes se singularisant plus par leur faiblesse que les écarts-types, les coefficients de variation ne sont pas spécialement faibles. Ils oscillent entre 30 et 50% jusqu'à 35 cm, puis entre 25 et 35% au-delà.

### 3. SYNTHÈSE

En résumé, les matériaux prospectés aux différents niveaux sont:

- relativement meubles et homogènes dans la fosse A, avec un maximum de résistance à 25 cm;
- cohérents et hétérogènes dans la fosse B, avec un maximum à 20 cm;
- moyennement cohérents dans la fosse C, avec une hétérogénéité marquée au-dessus du maximum de résistance, noté à 35-40 cm;
- meubles et homogènes dans la fosse D, avec un maximum de cohésion à 40 cm.

En première analyse, on peut donc opposer les fosses A et D, "meubles et homogènes", aux fosses B et C, "plus cohérentes et hétérogènes". Il est possible que ces différences soient liées à des variations d'organisation de la couverture pédologique à l'échelle du versant.

On remarque également que:

- les fosses A et B présentent le même type d'évolution avec la profondeur, à savoir une augmentation de la cohésion jusqu'à un maximum absolu à 20-25 cm, un maximum relatif à 35 cm, puis une faible décroissance;
- les fosses C et D montrent une augmentation de la résistance moyenne plus lente, le maximum étant atteint vers 35-40 cm.

L'existence d'un maximum de résistance à l'enfoncement vers 20-25 cm fait penser à un compactage par des outils agricoles, peut-être ancien. On peut ainsi émettre l'hypothèse de travaux du sol mécanisés et répétés dans la zone des fosses A et B, près de la piste. Cependant, on ne peut exclure que cette particularité des fosses A et B soit liée à des variations d'ordre toposéquentiel.

Il est plus difficile d'imputer aux façons culturales les fortes cohésions à 35-40 cm des fosses C et D, (mais également les maxima relatifs observés à 35 cm dans les fosses A et B), à moins d'invoquer des travaux profonds effectués avec des outils de type chisel ou sous-soleuse. Peut-être cette profondeur correspond-t-elle au maximum d'extension du front de dessiccation en fin de saison sèche; l'assèchement n'étant pas, comme en surface, contrebalancé par une forte activité biologique, expliquerait cette augmentation de cohésion. Il serait utile de s'assurer de l'existence de ce maximum en savane.

Il est également intéressant de relever que 3 des 4 fosses (A, C et D) montrent à 5 cm des valeurs de résistance moyenne très voisines, avec des écarts-types relativement faibles. On note aussi, à partir de 40 et surtout à 50 cm, une convergence des valeurs de cohésion moyenne, ceci pour les quatre fosses (il sera nécessaire de faire des mesures à des profondeurs plus importantes pour voir si cette convergence persiste). Le sommet et la base des différentes fosses prospectées présentent donc des caractéristiques assez voisines, en terme de résistance à l'enfoncement.

En ce qui concerne la surface, cette homogénéisation est vraisemblablement due à la longue mise en jachère (environ 25 ans sans culture mécanisée), ce type d'occupation du sol s'accompagnant d'un ameublissement superficiel général. Les cohésions plus élevées relevées sur les 20 premiers centimètres de la fosse B pourraient alors s'expliquer par un compactage significativement plus important sur cette partie du bloc expérimental, compactage lié à des passages répétés d'engins et qui n'aurait pas été "gommé" par l'effet jachère. Il est toutefois possible que cette particularité de la fosse B soit liée à des variations "naturelles" sur le versant.

Vers 50 cm, les valeurs observées semblent devenir indépendantes de l'histoire culturelle supposée des différentes zones, et paraissent plutôt liées aux caractéristiques intrinsèques du matériau pédologique.

Par ailleurs, on note que 3 des 4 fosses (A, B et D) montrent à 30 cm un minimum relatif de résistance moyenne. Cette présence d'un niveau plus meuble à 30 cm reste pour l'instant difficile à interpréter.

#### 4. CONCLUSION

En conclusion, il est possible de formuler quelques hypothèses.

i) La partie du bloc expérimental la plus proche de la piste (fosses A et B), présentant un maximum de cohésion vers 20-25 cm de profondeur, pourrait avoir été cultivée mécaniquement. Il est possible que la fosse B, située à 90 mètres environ de la piste et où la cohésion est la plus forte, ait été une zone de passages répétés d'engins.

ii) La partie du bloc expérimental la plus éloignée de la piste (fosses C et D) serait moins marquée par l'anthropisation, ou du moins, la mécanisation.

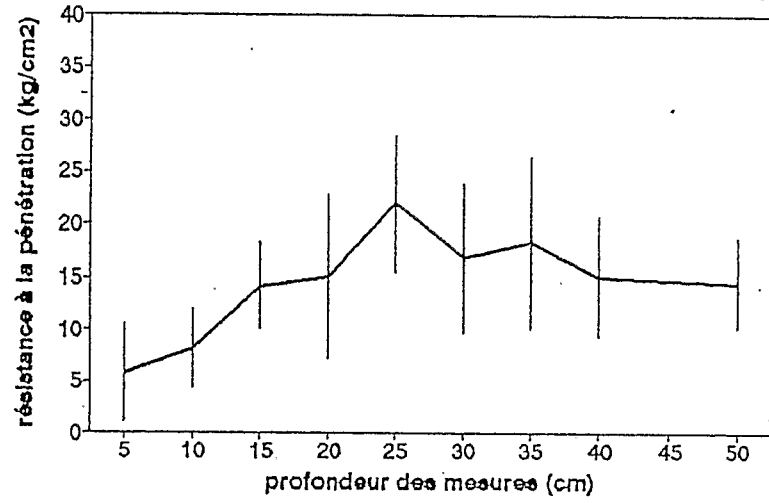
iii) Le maximum (absolu ou relatif) de cohésion relevé dans les 4 fosses vers 35-40 cm pourrait correspondre à la limite de profondeur au-delà de laquelle le sol n'est que faiblement affecté par la dessiccation en saison sèche.

iv) La longue mise en jachère expliquerait les faibles différences entre les résistances moyennes observées au sommet des différents profils (sauf B). De même, les caractéristiques intrinsèques du substrat expliqueraient la proximité des valeurs moyennes observées à 50 cm dans les 4 fosses.

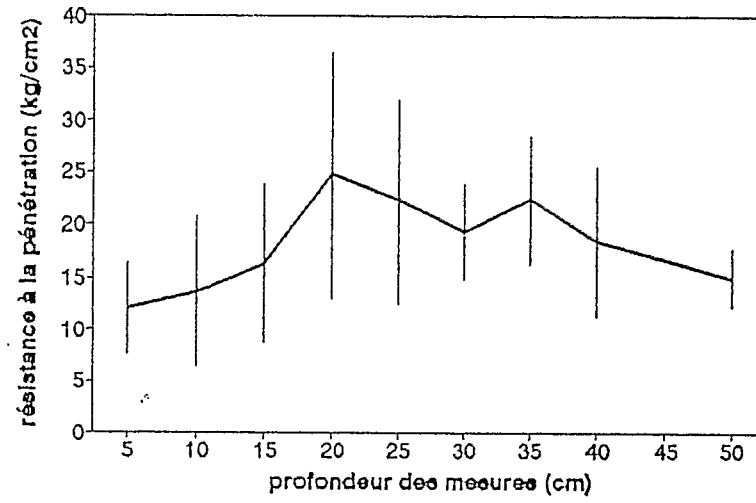
Toutefois, en l'état actuel des connaissances sur le site, on ne peut exclure que les différences entre les fosses soient liées à des variations d'organisation de la couverture pédologique à l'échelle du versant, indépendamment de l'action de l'homme ou du couvert végétal.



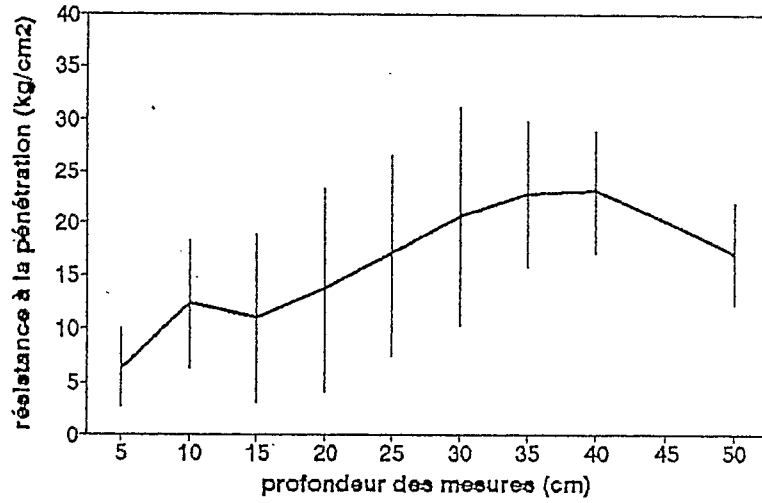
PENETROMETRIE FOSSE A (IBSRAM)



PENETROMETRIE FOSSE B (IBSRAM)



PENETROMETRIE FOSSE C (IBSRAM)



PENETROMETRIE FOSSE D (IBSRAM)

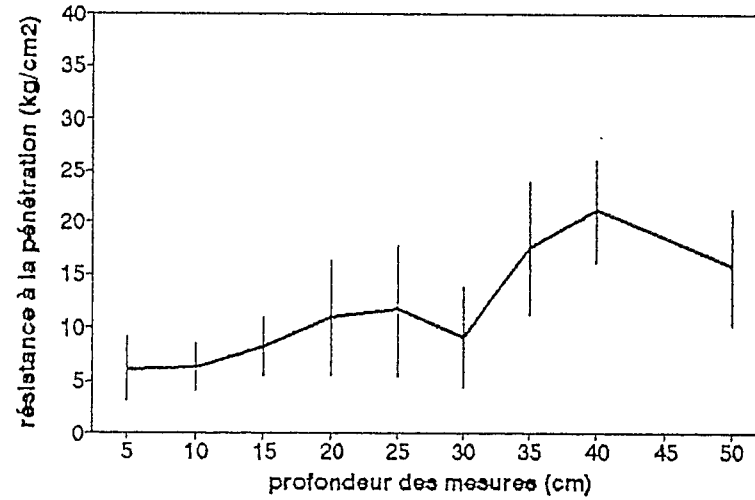
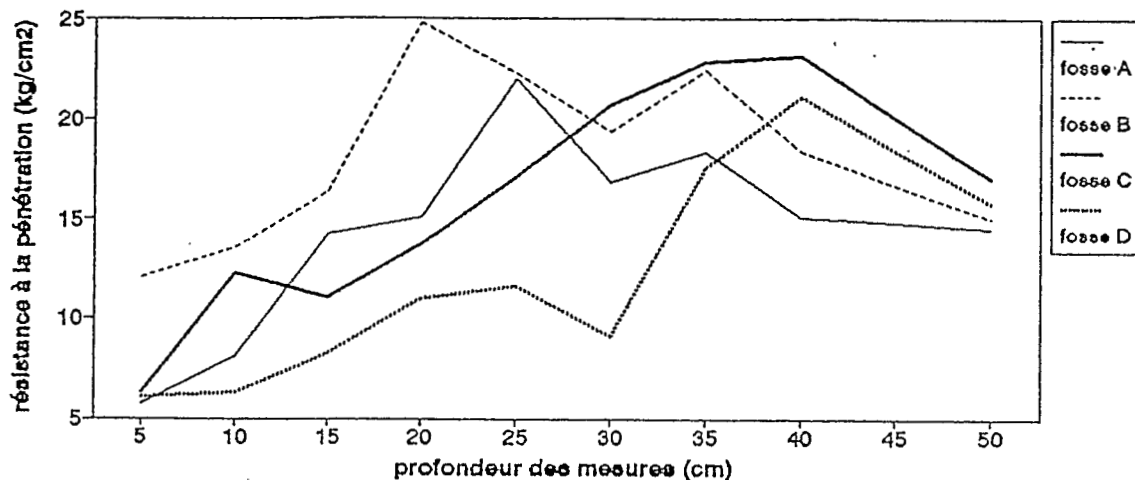


FIG. 2

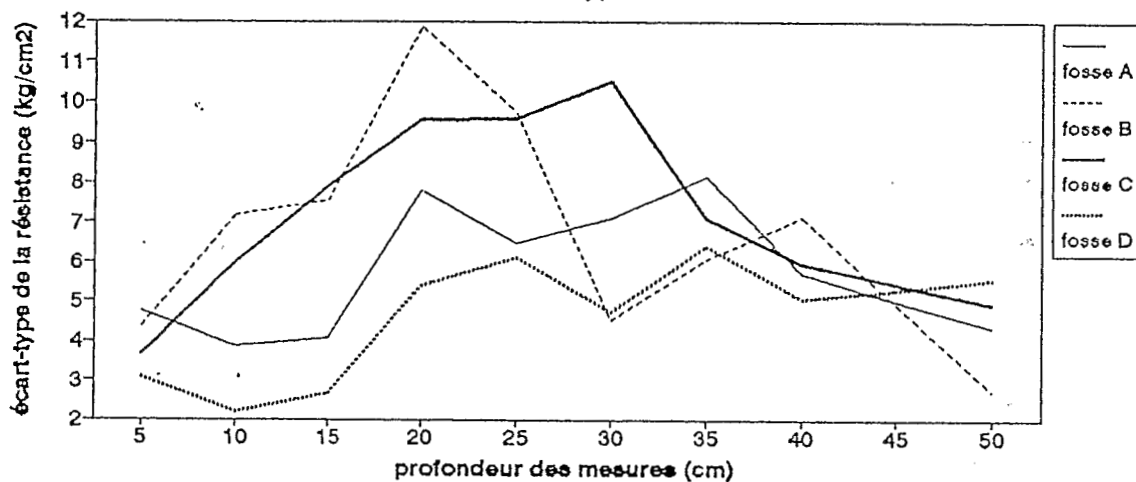
### PENETROMETRIE FOSSES A,B,C & D (IBSRAM)

moyennes



### PENETROMETRIE FOSSES A,B,C & D (IBSRAM)

écarts-types



### PENETROMETRIE FOSSES A,B,C & D (IBSRAM)

coefficients de variation

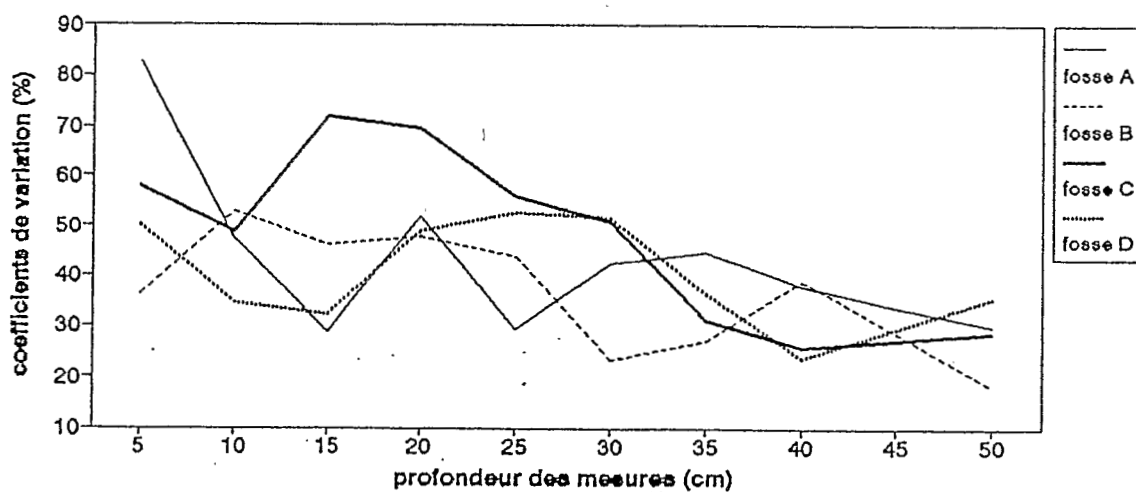


FIG. 3