

OBSERVATIONS SUR CERTAINS FACTEURS DE LA RETENTION D'EAU  
PAR LE SOL POUR DIVERSES VALEURS REMARQUABLES DU pF

Application à quelques types de sols tropicaux

A. COMBEAU

P A R I S  
Décembre 1960

OBSERVATIONS SUR CERTAINS FACTEURS DE LA RETENTION D'EAU  
PAR LE SOL POUR DIVERSES VALEURS REMARQUABLES DU pF

APPLICATION A QUELQUES TYPES DE SOLS TROPICAUX

A. COMBEAU

Collaboration technique: M<sup>elle</sup> M.J. GAUTIER

- Introduction
- I - Sols étudiés et méthodes
- II - Rôle des éléments fins
- III - Rôle de la matière organique
- IV - Rôle de la stabilité structurale
- Conclusion

Les problèmes posés par la mise à la disposition de la plante de quantités d'eau suffisantes sont d'une importance capitale, en particulier dans les zones arides. L'un des aspects de cette question est la rétention de l'eau par le sol. L'étude des relations sol-eau est intimement liée à la détermination des teneurs du sol en eau sous des tensions d'humidité données, détermination qui conduit à l'établissement des courbes humidité/pF. Il est donc indispensable de rechercher les facteurs susceptibles de déterminer le taux d'humidité du sol pour un pF donné, de préciser dans la mesure du possible l'importance de chacun de ces facteurs, et de comparer les résultats obtenus, sur un ou plusieurs types de sols définis, pour des valeurs différentes de pF. Nous exposons les premiers résultats obtenus dans ce sens sur des sols de diverses régions tropicales et équatoriales, et nous donnons, à titre de comparaison, les chiffres relatifs à quelques échantillons de France.

## I. MATERIEL ET METHODES

Les sols étudiés sont les suivants (1) :

- a) Sols ferrugineux tropicaux de la Station C.G.O.T. de Séfa, Casamance Sénégal (46 échantillons).
- b) Sols ferrallitiques typiques de la Station de l'I.R.C.T. de Bambari - République Centrafricaine (20 échantillons).
- c) Sols noirs tropicaux de la Station de l'I.R.C.T. de Kolocopé - Togo (14 échantillons).
- d) Sols hydromorphes sur alluvions du casier expérimental de la M.A.S. Guédé Sénégal (14 échantillons).
- e) Sols montmorillonitiques de Martinique (18 échantillons).
- f) Sols bruns calcaires sur marnes de Bondy - France (30 échantillons).

Il s'agit donc, au total, de 142 échantillons, tous prélevés en surface (généralement de 0 à 10 ou de 0 à 15 cm).

---

(1) Echantillons fournis par J.Cointepas, J. Boyer, P.Quantin, M.Lamouroux J.Maynard, F.Colmet-Daage, pédologues de l'ORSTOM.  
Nous tenons à les remercier très vivement de leur collaboration active et efficace sans laquelle ce travail n'aurait pu être réalisé.

Ces échantillons ont été systématiquement soumis aux analyses suivantes :

- granulométrie (méthode pipette de ROBINSON - dispersant hexaméta-phosphate de sodium).
- carbone (méthode de WALKLEY et BLACK)
- teneurs en eau sous pression de 16 kg (pF 4,2)
- " " " de 1 kg (pF 3,0)
- " " " de 0,320 kg (pF 2,5)
- stabilité structurale (méthode HENIN) sauf sur les échantillons de Martinique).

La détermination des teneurs en eau a été faite à la presse à membrane et à la presse à plaque de porcelaine poreuse, appareils décrits par L. RICHARDS et perfectionnés par M. HALLAIRE. La presse à membrane a été utilisée pour l'extraction de l'eau sous une pression de 16 kg, la presse à plaque de porcelaine poreuse pour 1 et 0,320 kg.

Les caractéristiques des sols étudiés sont résumées dans le tableau ci-dessous :

	A %	A + L %	Carbone %	I <sub>s</sub>
Séfa .....	6 - 15	9 - 21	0,5 - 1,0	1,13 - 2,63
Bambari .....	22 - 45	26 - 52	1,0 - 1,8	0,77 - 2,00
Kolocopé .....	12 - 21	16 - 27	1,0 - 1,4	1,54 - 2,57
Guédé .....	25 - 58	34 - 77	0,3 - 0,6	4,71 - 8,80
Martinique ...	25 - 88	58 - 98		
Bondy .....	14 - 24	21 - 33	0,9 - 2,0	0,55 - 1,75

## II. ROLE DES ELEMENTS FINS

La relation, signalée antérieurement par de nombreux auteurs, entre le taux d'humidité à un pF donné et la teneur en éléments fins a été vérifiée dans chacun des types de sols. Il existe dans tous les cas une corrélation très hautement significative entre ce taux d'humidité et le taux d'argile (0 - 2  $\mu$ ) du sol. Mais nous avons pu constater que, pour un type de sol donné, le coefficient de corrélation est systématiquement plus fort, ou au moins égal, lorsque la relation est établie en fonction du taux d'éléments 0-20  $\mu$ .

(fraction argile + limon). Une seule exception à cette règle : les sols de Martinique, pour lesquels le coefficient  $r$  est plus fort pour l'argile, sans toutefois que la différence des deux coefficients de corrélation soit significative.

Pour cette raison, nous avons tenté de mettre en évidence les rôles respectifs des éléments 0-2  $\mu$  et 2-20  $\mu$  dans la rétention de l'eau à un pF déterminé, en comparant les coefficients de corrélation partielle de l'argile et du limon avec la teneur en eau (voir résultats en annexe 1). Nous avons alors constaté que :

- a) quelle que soit la valeur de pF considérée, la liaison avec le facteur argile est toujours significative et, dans la presque totalité des cas, très hautement significative ;
- b) quelle que soit la valeur de pF considérée, le limon a, en général, un rôle significatif, et très souvent hautement significatif sur la rétention de l'eau. A noter deux exceptions à cette règle : le cas des sols noirs tropicaux pour pF 4,2 et pF 3,0 et celui des sols de Martinique à tous les pF (limon non significatif) ;
- c) pour les sols de Séfa, Kolocopé et Bondy, le coefficient de corrélation augmente lorsque l'on passe des pF élevés aux pF bas. Il varie peu pour Bambari, et décroît pour les sols de Guédé.

Si l'on compare les coefficients de régression, on constate alors que :

- a) les coefficients de régression du limon et de l'argile augmentent lorsque la valeur du pF diminue ;
- b) si les coefficients de régression de l'argile croissent peu de pF 4,2 à pF 2,5, par contre l'augmentation des coefficients de régression du limon est sensible dans les mêmes circonstances. A pF 2,5, le coefficient de régression du limon est généralement supérieur à celui de l'argile, alors que le phénomène est inverse à pF 4,2.

De ces diverses observations, il ressort que :

1) le limon joue un rôle non négligeable sur la rétention de l'eau quel que soit le pF considéré. (Le comportement aberrant des sols noirs tropicaux sera expliqué plus loin, lors de l'étude du rôle de la matière organique - celui des sols de Martiniques sera envisagé également).

2) ce rôle paraît être, en règle générale, plus important pour les basses tensions d'humidité.

3) à teneur égale en éléments 0-2 et 2-20  $\mu$ , le limon intervient moins que l'argile sur la teneur en eau à pF 4,2, mais le phénomène tend à s'inverser pour les faibles valeurs du pF.

Ces conclusions sont logiques : elles soulignent le fait que la teneur en eau pour des tensions d'humidité de plus en plus faibles est fonction du volume de pores de plus en plus gros, donc de la proportion de particules de diamètre plus important. Il convient de noter que ces résultats ont été obtenus sur des échantillons à très faible teneur en limon (teneur moyenne de Bambari : 5,7 % : Kolocopé : 4,7 % : Séfa : 4,4 %), ce qui met en évidence une assez bonne sensibilité de la méthode utilisée. Enfin, compte tenu de cette faible teneur en limon, assez générale dans la plupart des sols tropicaux autres que les sols sur alluvions, il est bien certain qu'en valeur absolue, le rôle effectif du limon sur la teneur en eau sera relativement faible.

Nous avons donc regroupé les éléments 0-2 et 2-20  $\mu$  pour l'étude des relations obtenues entre teneur en eau et taux d'éléments fins. Ces relations sont représentées pour pF 4,2, 3,0 et 2,5 et par type de sol sur les graphiques 1,2 et 3. Elles s'expriment par les équations suivantes, compte tenu des symboles utilisés :

teneur en eau à pF 4,2 .....  $y_1$   
 teneur en eau à pF 3,0 .....  $y_2$   
 teneur en eau à pF 2,5 .....  $y_3$   
 taux d'éléments 0-20  $\mu$  (A+L) % ....  $x_1$   
 teneur en carbone % .....  $x_2$   
 indice d'instabilité  $I_s$  .....  $x_4$

A) pF 4,2

Séfa .....	$y_1 = 0,188 x_1 + 1,21$	$r = 0,936$	$n = 46$	$P > 0,001$
Bambari ...	$y_1 = 0,298 x_1 + 0,22$	$r = 0,981$	$n = 20$	$P > 0,001$
Kolocopé ..	$y_1 = 0,276 x_1 + 1,75$	$r = 0,946$	$n = 14$	$P > 0,001$
Guédé .....	$y_1 = 0,235 x_1 - 0,16$	$r = 0,994$	$n = 14$	$P > 0,001$
Martinique	$y_1 = 0,502 x_1 - 6,60$	$r = 0,808$	$n = 18$	$P > 0,001$
Bondy .....	$y_1 = 0,207 x_1 + 5,28$	$r = 0,661$	$n = 30$	$P > 0,001$

B) pF 3,0

Séfa .....	$y_2 = 0,311 x_1 + 1,36$	$r = 0,945$	$n = 46$	$P > 0,001$
Bambari ...	$y_2 = 0,339 x_1 + 2,87$	$r = 0,972$	$n = 20$	$P > 0,001$
Kolocopé ..	$y_2 = 0,474 x_1 + 1,15$	$r = 0,893$	$n = 14$	$P > 0,001$
Guédé .....	$y_2 = 0,341 x_1 + 2,39$	$r = 0,985$	$n = 14$	$P > 0,001$
Martinique	$y_2 = 0,641 x_1 - 5,00$	$r = 0,883$	$n = 18$	$P > 0,001$
Bondy .....	$y_2 = 0,352 x_1 + 4,11$	$r = 0,764$	$n = 30$	$P > 0,001$

C) pF 2,5

Séfa .....	$y_3 = 0,366 x_1 + 2,19$	$r = 0,968$	$n = 46$	$P > 0,001$
Bambari ...	$y_3 = 0,336 x_1 + 5,40$	$r = 0,971$	$n = 20$	$P > 0,001$
Kolocopé ..	$y_3 = 0,504 x_1 + 2,56$	$r = 0,948$	$n = 14$	$P > 0,001$
Guédé .....	$y_3 = 0,246 x_1 + 10,40$	$r = 0,925$	$n = 14$	$P > 0,001$
Martinique	$y_3 = 0,759 x_1 - 8,60$	$r = 0,880$	$n = 18$	$P > 0,001$
Bondy .....	$y_3 = 0,418 x_1 + 4,77$	$r = 0,794$	$n = 30$	$P > 0,001$

(Voir en annexe 2 les résultats en fonction de  $\Lambda$  pour cent et les graphiques 4,5 et 6)

L'examen de ces chiffres met en évidence l'existence de différences assez sensibles d'un type de sol à l'autre.

a) en règle générale, pour un même type de sol, le coefficient de régression augmente lorsque le pF diminue. Ce fait se traduit par une augmentation des différences de teneur en eau entre 2 valeurs consécutives de pF lorsque le taux d'éléments fins augmente. L'examen des courbes humidité/pF fait bien ressortir ce phénomène (graphique 7). Les sols de Bambari semblent échapper à cette règle, et le comportement des sols de Guédé semble aberrant.

b) l'ensemble des résultats obtenus aux différentes valeurs de pF conduit à un classement relatif des types de sols qui paraît assez logique : les échantillons de Séfa ont des coefficients de régression généralement faibles pour pF 4,2 3,0 et 2,5. Il en est de même pour Bondy et peut être Guédé. Par contre, les sols noirs tropicaux et surtout les sols de Martinique ont toujours un coefficient de régression élevé. Nous verrons plus loin que ce fait s'explique pour les échantillons de Martinique par la nature du minéral argileux, pour les échantillons de sols noirs par la nature de la matière organique. Il sera donc indispensable de préciser le rôle de facteurs autres que la granulométrie.

c) On constate que, dans les équations ci-dessus, l'ordonnée à l'origine tend à augmenter lorsque le pF diminue. Cette observation peut être interprétée de deux façons différentes : ou bien l'ordonnée à l'origine traduit le rôle de facteurs autres que la granulométrie (présence de matière organique, par exemple pour Séfa - Rôle de la stabilité structurale, par exemple, pour Bambari), ou bien elle rend compte du fait que la classe granulométrique 0-20  $\mu$  ne correspond pas exactement aux particules jouant un rôle sur la rétention de l'eau au pF considéré : il semble que cette seconde hypothèse soit valable pour les sols de Martinique, sols pour lesquels les ordonnées à l'origine sont négatives dans les relations eau / (A + L)% mais positives dans les relations eau/A %. Si l'on tient compte du fait que, dans ces mêmes sols le rôle du limon n'est pas significatif, on pourrait en déduire que le diamètre maximum des particules jouant un rôle sur la rétention de l'eau est compris entre 2 et 20  $\mu$ .

Avant de clore ce chapitre, il convient de signaler que si, dans un type de sol donné, la corrélation entre les teneurs en eau et la teneur en argile + limon est très serrée, par contre, lorsque les divers types de sols sont réunis sur le même graphique, il s'avère que la corrélation est plus élevée avec la fraction argileuse proprement dite 0-2  $\mu$ . Ce fait, apparemment contradictoire, s'explique aisément : il est imputable d'une part aux différences des coefficients de régression obtenus pour les limons des divers types de sols, d'autre part au rôle du type de minéral argileux que nous préciserons ultérieurement : c'est ainsi que les sols à montmorillonite de Martinique par exemple, s'intègrent mieux dans la corrélation générale lorsque la fraction fine retenue correspond aux éléments argileux.

Observations sur le rôle du type d'argile

Nous avons tenté de mettre en évidence le rôle du type d'argile par plusieurs méthodes :

a) en déterminant les minéraux argileux des types de sols étudiés. L'examen aux rayons X donne les résultats suivants :

- Séfa ..... dominance kaolinite
- Bambari ..... dominance kaolinite - un peu d'illite
- Kolocopé ..... dominance d'illite - kaolinite assez abondante
- Guédé ..... kaolinite (50 %) Montmorillonite et hydromica
- Martinique ..... Montmorillonite
- Bondy ..... dominance Montmorillonite.

On constate notamment que, pour un même pF et pour une teneur donnée en éléments fins, les sols de Bondy, de Kolocopé et surtout ceux de Martinique, ont des teneurs en eau plus élevées que les autres sols, ce qui pourrait s'expliquer par la nature de leur argile à dominance de montmorillonite ou d'illite. On note, cependant, que les sols de Guédé ont des valeurs trop basses compte tenu de la nature de leurs minéraux argileux, en particulier à pF 4,2.

b) En réalisant des mélanges granulométriques connus à partir d'argiles déterminées, et de sable pur. Cet essai n'avait pour but que de donner une indication schématique sur le comportement d'argiles différentes. Les mesures ont été réalisées sur une kaolinite pure bien cristallisée et une argile du Togo contenant essentiellement montmorillonite et palygorskyte en proportions comparables. Les mélanges à 12,5, 50 et 75 % d'argile ont permis de tracer les droites qui figurent en pointillé sur les graphiques 4, 5 et 6. On note les différences considérables de teneur en eau entre les deux matériaux utilisés dans les mêmes conditions. On constate également que les droites obtenues encadrent de façon satisfaisante les points expérimentaux obtenus avec les divers sols, ce qui tendrait à confirmer la validité de l'expérience.

c) en extrayant les argiles des divers types de sols étudiés et en les soumettant à une expérience identique à la précédente. Le traitement préalable à l'eau oxygénée permet de masquer le rôle de la matière organique. On observe alors, pour une granulométrie et un pF donnés, des teneurs en eau



plus basses pour les argiles de Séfa et Bambari à dominance de kaolinite, que pour les argiles de Guédé et Bondy à dominance montmorillonite (graphique 8).

De ces diverses expériences, il semble qu'on puisse conclure que le rôle du type de minéral argileux n'est pas négligeable. Un certain parallélisme approximatif des droites de régression obtenues entre les types de sols différents (expérience 1 - graphiques 4,5,6) signifierait que, à un accroissement donné du taux d'argile, correspondra pour un pF donné, un accroissement de teneur en eau relativement constant. Mais l'expérience 2 conduit à des conclusions différentes. On note de plus que les sols de Martinique ont un comportement différent des autres échantillons et que les pentes obtenues dans la représentation  $H_2O$  % en fonction de  $(A+L)$ % sont nettement plus fortes que pour les autres types de sols. (La pente relativement élevée de la droite correspondant aux sols du Togo sera interprétée dans le chapitre suivant).

Par ailleurs, dans l'expérience 3 (graphique 7), si les pentes des 5 droites obtenues sont assez voisines dans le cas de pF 4,2, il semble qu'à pF 3,0 et 2,5, il y ait une légère divergence en faveur des argiles de Bondy et de Guédé, à dominance de montmorillonite. Cette observation tendrait à montrer que le rôle du type d'argile serait plus sensible pour les valeurs faibles du pF.

La remarque précédente permettrait d'interpréter le comportement des sols de Guédé aux 3 valeurs différentes du pF et la divergence des droites obtenues pour ces 3 valeurs.

Notons enfin que le décalage des droites obtenues d'un type de sol à l'autre sur les graphiques  $H_2O$  % en fonction de  $A$  % (graphiques 4-5-6) peut s'expliquer par l'activité différente selon les sols des particules de diamètre supérieur à  $2 \mu$ .

### III. ROLE DE LA TENEUR EN MATIERE ORGANIQUE

Pour étudier ce rôle, nous avons tenté d'éliminer l'influence des facteurs type d'argile et type de matière organique : nous avons donc étudié, dans un même type de sol et sur une profondeur analogue, les deux facteurs granulométrie et teneur en carbone.

On considère donc, dans ce cas, la teneur en eau  $y$  à un pF déterminé en fonction des deux variables  $x_1 = (A + L) \%$  et  $x_2 = C \%$ .

Les résultats obtenus sont les suivants (1) : (détail en annexe 3)

A) <u>pF 4,2</u>	$t_1$ (A+L)%	$t_2$ (C %)
Séfa .....	T.H.S.	N.S.
Bambari .....	T.H.S.	N.S.
Kolocopé .....	T.H.S.	Plausible
Guédé .....	T.H.S.	N.S.
Bondy .....	T.H.S.	N.S.

B) <u>pF 3,0</u>	$t_1$	$t_2$
Séfa .....	T.H.S.	Plausible
Bambari .....	T.H.S.	S.
Kolocopé .....	T.H.S.	H.S.
Guédé .....	T.H.S.	N.S.
Bondy .....	T.H.S.	H.S.

C) <u>pF 2,5</u>		
Séfa .....	T.H.S.	Plausible
Bambari .....	T.H.S.	S.
Kolocopé .....	T.H.S.	S.
Guédé .....	T.H.S.	S.
Bondy .....	T.H.S.	T.H.S.

Dans ces conditions, plusieurs remarques s'imposent :

- le rôle de la teneur en éléments fins est très hautement significatif pour tous les sols et à tous les pF.
- le rôle de la matière organique n'est jamais significatif à pF 4,2. Il est, par contre, toujours plausible ou significatif à pF 3,0 et pF 2,5 (sauf pour Guédé à pF 3,0).

On peut donc en conclure que la teneur en matière organique intervient dans la rétention de l'eau aux faibles tensions d'humidité.

---

(1)  $t_1$  et  $t_2$  représentent les valeurs de  $t$  de la table de FISHER pour les coefficients  $b_1$  et  $b_2$  affectant les valeurs  $x_1$  et  $x_2$  dans l'équation  $y = b_1 x_1 + b_2 x_2 + c$ .

T.H.S. = très hautement significatif  $P > 0,001$

H.S. = hautement significatif  $P > 0,01$

S. = significatif  $P > 0,05$

Plausible =  $P > 0,1$

N.S. = non significatif

Il convient de noter que ce rôle de la matière organique, s'il est très probable, reste cependant relativement faible en valeur absolue (exception faite du cas des sols noirs tropicaux). Les coefficients de régression obtenus nous permettent de calculer quelques valeurs moyennes :

- pour pF 3,0, la matière organique est responsable d'environ 10 % de la teneur en eau des sols de Séfa, 20 % dans les sols de Bambari et de Bondy, mais près de 80 % dans les sols noirs de Kolocopé ;
- pour pF 2,5, les proportions sont de 10 % pour Séfa, 15 à 20 % pour Bambari, Bondy et Guédé, et plus de 40 % pour Kolocopé.

Cette mise en évidence du rôle de la matière organique aux faibles valeurs du pF entraîne une conséquence importante : il est logique de penser que la différence des teneurs en eau pour deux valeurs du pF (2,5 - 4,2 par exemple) est elle-même fonction de la teneur en matière organique. Cette différence est souvent considérée comme l'eau disponible pour les plantes : il importe de rappeler que les teneurs en eau à pF 3,0 ou à pF 2,5 ne peuvent rendre compte, dans la totalité des cas, de la capacité de rétention du sol en place, et que, dans ces conditions, la différence de teneur en eau entre l'un de ces pF et pF 4,2 ne correspondra pas exactement à l'eau utilisable. On peut supposer qu'elle en donne une valeur plus ou moins approchée et, dans ce cas, nous arriverions à démontrer le rôle du taux de matière organique sur l'eau utilisable, rôle parfois contesté actuellement.

Pour cette raison, nous avons étudié systématiquement les différences de teneur en eau en fonction de la granulométrie et du taux de carbone. Les résultats obtenus sont les suivants : (détail en annexe 4).

	H <sub>2</sub> O % à pF 3,0 - H <sub>2</sub> O % à pF 4,2	
	t <sub>1</sub> (A + L) %	t <sub>2</sub> (C %) %
Séfa .....	T.H.S.	plausible
Bambari .....	N.S.	S.
Kolocopé .....	N.S.	S.
Bondy .....	H.S.	plausible

	H <sub>2</sub> O % à pF 2,5 - H <sub>2</sub> O % à pF 4,2	
	t <sub>1</sub> (A + L) %	t <sub>2</sub> (C %)
Séfa .....	T.H.S.	plausible
Bambari .....	N.S.	S.
Kolocopé .....	H.S.	N.S.
Bondy .....	T.H.S.	H.S.

Nous tirons donc de ces résultats les conclusions suivantes :

- on constate, dans la presque totalité des cas, que la différence de teneur en eau pF 3,0 - pF 4, 2 ou pF 2,5 - pF 4,2 est en liaison plus ou moins étroite avec la teneur en matière organique, ce qui tendrait à mettre en évidence la probabilité élevée d'un rôle de cette matière organique sur "l'eau utilisable" bien que nous n'ayons pas défini cette grandeur et que nous la supposions voisine de pF 2,5 - pF 4,2.

Rôle du type de matière organique

Dans l'étude du rôle relatif de la teneur en éléments fins et du taux de matière organique, nous avons obtenu à pF 3,0 des équations dans lesquelles le coefficient de régression partielle b<sub>2</sub> affectant la teneur en matière organique, présentait des variations importantes d'un type de sol à l'autre. Ce coefficient est considérablement élevé dans le cas des sols noirs tropicaux du Togo.

Nous avons, par ailleurs observé que ces sols noirs de Kolocopé sont précisément ceux sur lesquels le carbone pourrait peut être contribuer à augmenter la teneur en eau à pF 4,2 (P > 0,1).

Cette forte activité de la matière organique dans le cas des sols noirs tropicaux nous incite à penser qu'il s'agit d'un type de matière organique particulier. Il n'est pas impossible qu'il s'agisse simplement d'un taux d'humification plus élevé que sur les autres types de sols, mais nous n'avons pu vérifier ce point. Quoi qu'il en soit, le phénomène se traduit par la pente anormale du segment de droite représentant la teneur en eau des sols de Kolocopé à pF 3,0 en fonction de (A + L) %.

Il est à noter que le rôle éventuel du taux d'humification pourrait être mis en évidence par l'étude systématique de couples d'échantillons prélevés à 2 profondeurs différentes dans chaque profil.

#### IV. ROLE DE LA STABILITE STRUCTURALE

Parmi les facteurs qui interviennent dans la rétention d'eau, il est très probable que la structure du sol doit jouer un rôle primordial, tout au moins aux faibles tensions d'humidité. Le fait d'exécuter les analyses sur la terre tamisée exclut la possibilité de déterminer le rôle précis de ce facteur sur la teneur en eau pour un pF donné.

En vue de rechercher le rôle possible d'un autre élément de l'état physique du sol, nous avons essayé de mettre en évidence l'existence d'une relation entre les teneurs en eau pour diverses valeurs du pF et l'indice d'instabilité structurale défini par HENIN et MONNIER.

La représentation graphique des teneurs en eau en fonction de l'indice d'instabilité structurale fait apparaître cette liaison pour chacun des 5 types de sols étudiés. Mais on constate immédiatement que la nature de la liaison semble très différente d'un type de sol à l'autre, la relation étant apparemment directe dans certains cas (Séfa, Bondy, Kolocopé) inverse dans d'autres (Bambari, Guédé). Une étude de détail fait apparaître qu'il n'en est rien. Pour le montrer, nous envisagerons successivement les deux types de comportement (Résultats en annexe 5).

a) Cas des sols de Séfa, Bondy et Kolocopé      Dans ce cas, il existe, en règle générale, une relation directe entre la teneur en eau à pF 3,0 et 2,5 et l'indice d'instabilité structurale, la corrélation avec pF 4,2 n'apparaissant que pour Séfa.

	Coefficient de corrélation			Coefficient de régression		
	pF 2,5	pF 3,0	pF 4,2	pF 2,5	pF 3,0	pF 4,2
Séfa .....	H.S.	S.	H.S.	1,26	1,05	0,76
Bondy ....	S.	S.	N.S.	1,98	1,78	-
Kolocopé .	S.	S.	N.S.	3,44	3,73	-

On peut donc en conclure que, aux basses tensions d'humidité, les sols les plus stables sont plus secs que les autres. Ce fait est particulièrement apparent dans le cas des sols de Séfa où les coefficients de régression obtenus augmentent lorsque l'on passe de pF 4,2 à pF 3,0 puis pF 2,5.

b) Cas des sols de Bambari et de Guédé

Il semble, en première approximation, que dans ces deux cas, la teneur en eau diminue lorsque l'indice augmente. Ce résultat apparent est dû à 2 facteurs, différents selon les cas.

1) Sols de Guédé Les 14 échantillons de Guédé ne constituent pas un lot homogène : 7 échantillons appartiennent au type d'appellation vernaculaire "hollaldé", et ont été prélevés dans la plaine d'inondation du Sénégal. Les 7 autres appartiennent au type "fondé" c'est-à-dire aux sols du bourrelet de berge du fleuve. La granulométrie de ces 7 derniers échantillons fait apparaître une teneur en éléments fins nettement plus faible que dans les sols "hollaldé". Or l'indice d'instabilité tend à décroître lorsque l'on passe des sols du bourrelet aux sols plus argileux des bas-fonds. C'est ce qui explique l'allure générale du graphique. Afin d'établir le rôle réel de la stabilité structurale il faudrait donc étudier les rôles respectifs de la teneur en éléments fins et de l'indice d'instabilité sur la teneur en eau. On constate effectivement que les points obtenus sur le graphique se répartissent en deux zones correspondant aux "fondé" et "hollaldé", chacun des 2 types montrant une tendance à l'accroissement de teneur en eau lorsque l'indice augmente. Le trop petit nombre d'échantillons par sous-type de sol ne permet pas d'obtenir des résultats concluants dans l'étude statistique.

2) Sols de Bambari Le calcul fait apparaître (voir annexe 5) l'existence d'une relation inverse, non significative, mais cependant plausible ( $P > 0,1$ ) entre la teneur en eau aux 3 pF et l'indice d'instabilité. Mais nous avons montré antérieurement (C.R. Acad. Agric.) que l'indice d'instabilité des sols ferrallitiques est étroitement lié à la teneur en carbone, et, secondairement, à la granulométrie. Nous avons donc tenté de dissocier les rôles respectifs de ces 3 facteurs dans la rétention de l'eau. Dans ce but, nous avons étudié la corrélation multiple entre teneur en eau  $y$  d'une part, teneur en éléments fins,  $x_1$  et en carbone  $x_2$  et indice d'instabilité  $x_4$  d'autre part. Nous avons obtenu les équations suivantes :

$$\text{à pF } 2,5 \dots y_3 = 0,299 x_1 + 3,558 x_2 + 1,071 x_4 + 0,54$$

$$\text{à pF } 3,0 \dots y_2 = 0,300 x_1 + 3,427 x_2 + 0,901 x_4 + 1,51$$

$$\text{à pF } 4,2 \dots y_1 = 0,292 x_1 + 0,739 x_2 + 0,262 x_4 + 0,90$$

Les degrés de signification respectifs des 3 coefficients de régression sont les suivants :

	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>4</sub>
pF 2,5 .....	T.H.S.	H.S.	S.
pF 3,0 .....	T.H.S.	H.S.	S.
pF 4,2 .....	T.H.S.	N.S.	N.S.

Ces résultats appellent les commentaires suivants :

- a) nous retrouvons certaines constatations déjà signalées : en particulier le rôle considérable de la granulométrie à tous les pF, et le rôle croissant de la matière organique lorsque le pF s'abaisse.
- b) le coefficient de régression affectant l'indice d'instabilité structurale est toujours positif. Il n'est significatif qu'à pF 3,0 et pF 2,5. Il augmente régulièrement lorsque le pF diminue.

Nous sommes donc amenés à conclure que, dans tous les cas étudiés, il existe une relation directe entre la teneur en eau du sol aux faibles tensions d'humidité et l'indice d'instabilité du sol. Cette relation peut être parfois masquée par un autre facteur de la teneur en eau, agissant lui-même sur l'indice d'instabilité : c'est le cas de la matière organique des sols de Bambari, de la teneur en éléments fins des sols de Guédé. Mais, en règle générale, on peut considérer qu'aux basses tensions d'humidité, les sols les plus stables sont aussi les plus secs.

Si l'on tient compte du fait que la teneur en eau à pF 4,2 paraît être le plus souvent indépendante de la stabilité structurale, et vu le rôle assez général de la matière organique sur cette stabilité, on est amené à penser qu'il doit exister une relation entre la différence de teneur en eau à pF 2,5 (ou 3,0) et pF 4,2 d'une part, et le taux de carbone et l'indice d'instabilité d'autre part. Nous avons pu effectivement mettre en évidence une telle liaison : elle s'exprime par les équations suivantes : (voir graphique 9).

Bondy (pF 2,5 - pF 4,2)	=	0,925 (C %)	+	2,155 I <sub>s</sub>	+	1,68
Kolocopé "	=	4,601 (C %)	+	1,275 I <sub>s</sub>	-	2,23
Séfa "	=	3,722 (C %)	+	0,465 I <sub>s</sub>	+	0,16
Bambari "	=	2,995 (C %)	+	0,810 I <sub>s</sub>	+	1,45

Des relations analogues ont été obtenues pour (pF 3,0 - pF 4,2). (Voir annexe 6).

Les degrés de signification des coefficients de régression obtenus sont les suivants :

	C %	I <sub>s</sub>
Bondy .....	plausible	T.H.S.
Kolocopé .....	S.	S.
Bambari .....	T.H.S.	T.H.S.
Séfa .....	T.H.S.	S.

La liaison avec I<sub>s</sub> est toujours significative et le coefficient de régression correspondant<sup>s</sup> toujours positif. Il se confirmerait donc, compte tenu de la réserve faite plus haut sur la notion "d'eau utilisable", que les sols les plus stables auraient une réserve d'eau disponible plus faible.

Il apparaît donc que, à défaut de pouvoir étudier le rôle propre de la structure du sol, nous avons cependant pu constater l'existence d'une relation entre la teneur en eau du sol et sa stabilité structurale. Nous nous proposons de rechercher, ultérieurement, l'action de la structure en faisant des mesures sur des échantillons de terre non tamisée.

#### CONCLUSION

En résumé, les teneurs du sol en eau à un pF donné sont fonction de nombreux facteurs. Outre le facteur structure, que nous avons éliminé, la teneur en eau est très étroitement liée à la granulométrie du sol. Le rôle du type de minéral argileux est moins clair. Il apparaît cependant que, pour les valeurs faibles du pF et à teneur comparable en argile, les sols riches en montmorillonite ont des taux d'humidité plus élevés que les autres. La teneur en eau est également en liaison étroite avec la teneur en matière organique, mais ceci seulement pour les basses tensions d'humidité (pF 3,0 et pF 2,5). La nature de cette matière organique (ou le taux d'humification) paraît être un facteur important des quantités d'eau retenues par le sol, le cas des sols noirs tropicaux étant particulièrement démonstratif dans ce sens. Il semble qu'il existe une relation directe, assez générale, entre teneur en eau aux faibles tensions d'humidité et indice d'instabilité structurale. Cette relation peut être masquée dans certains types de sols.

Les différences de teneur en eau du sol entre les hautes tensions et les basses tensions d'humidité, différences que l'on peut supposer assez voisines de l'eau utilisable par les plantes, sont elles-mêmes fonction, d'une part, de la teneur en matière organique, et d'autre part, de la stabilité structurale du sol, les sols les plus stables paraissant les plus secs.

Il importerait de préciser le rôle probable de la structure elle-même sur la rétention d'eau, en particulier pour les valeurs faibles du pF.



Annexe 1

ROLES COMPARES DE L'ARGILE ET DU LIMON SUR LA TENEUR EN EAU

	Argile $t_1$	Limons $t_2$
I pF 4,2		
Bondy ..... $y_1 = 0,197 x_3 + 0,228 x_5 + 5,30$	$t_1 = 3,673$ H.S.	$t_2 = 2,944$ H.S.
Kolocopé .. $y_1 = 0,276 x_3 + 0,273 x_5 + 1,77$	3,039 S.	1,085 N.S.
Séfa ..... $y_1 = 0,262 x_3 + 0,074 x_5 + 0,94$	18,866 T.H.S.	3,770 T.H.S.
Bambari ... $y_1 = 0,305 x_3 + 0,264 x_5 + 0,21$	12,145 T.H.S.	2,409 S.
Guédé ..... $y_1 = 0,279 x_3 + 0,094 x_5 + 0,13$	27,085 T.H.S.	3,093 S.
Martinique $y_1 = 0,316 x_3 - 0,210 x_5 + 15,82$	2,858 S.	0,682 N.S.
II pF 3,0		
Bondy ..... $y_2 = 0,351 x_3 + 0,356 x_5 + 4,10$	$t_1 = 5,151$ T.H.S.	$t_2 = 3,603$ H.S.
Kolocopé .. $y_2 = 0,505 x_3 + 0,314 x_5 + 1,40$	6,187 T.H.S.	1,392 N.S.
Séfa ..... $y_2 = 0,351 x_3 + 0,247 x_5 + 1,23$	12,321 T.H.S.	6,166 T.H.S.
Bambari ... $y_2 = 0,313 x_3 + 0,472 x_5 + 2,85$	9,158 T.H.S.	3,153 H.S.
Guédé ..... $y_2 = 0,301 x_3 + 0,473 x_5 + 2,05$	7,764 T.H.S.	4,108 H.S.
Martinique. $y_2 = 0,528 x_3 + 0,223 x_5 + 8,44$	4,570 T.H.S.	0,693 N.S.
III pF 2,5		
Bondy ..... $y_3 = 0,421 x_3 + 0,413 x_5 + 4,76$	$t_1 = 5,743$ T.H.S.	$t_2 = 3,894$ T.H.S.
Kolocopé .. $y_3 = 0,528 x_3 + 0,382 x_5 + 2,74$	9,218 T.H.S.	2,410 S.
Séfa ..... $y_3 = 0,328 x_3 + 0,425 x_5 + 2,31$	13,034 T.H.S.	12,008 T.H.S.
Bambari ... $y_3 = 0,319 x_3 + 0,424 x_5 + 5,38$	9,105 T.H.S.	2,764 S.
Guédé ..... $y_3 = 0,177 x_3 + 0,471 x_5 + 9,85$	2,647 S.	2,380 S.
Martinique $y_3 = 0,622 x_3 + 0,246 x_5 + 7,95$	4,474 T.H.S.	0,637 N.S.

Annexe 2

RELATION ENTRE TENEUR EN EAU ET ARGILE (0-2  $\mu$ )

<u>I pF 4,2</u>				
Bondy .....	$y_1 = 0,190 x_3 + 7,33$	$r = 0,510$	H.S.	$P > 0,01$
Kolocopé ..	$y_1 = 0,297 x_3 + 2,65$	$r = 0,900$	T.H.S.	$P > 0,001$
Séfa .....	$y_1 = 0,291 x_3 + 0,99$	$r = 0,957$	T.H.S.	$P > 0,001$
Bambari ...	$y_1 = 0,350 x_3 + 0,45$	$r = 0,974$	T.H.S.	$P > 0,001$
Guédé .....	$y_1 = 0,305 x_3 + 0,47$	$r = 0,996$	T.H.S.	$P > 0,001$
Martinique	$y_1 = 0,385 x_3 + 8,00$	$r = 0,862$	T.H.S.	$P > 0,001$
<u>II pF 3,0</u>				
Bondy .....	$y_2 = 0,340 x_3 + 7,26$	$r = 0,619$	T.H.S.	$P > 0,001$
Kolocopé ..	$y_2 = 0,529 x_3 + 2,46$	$r = 0,879$	T.H.S.	$P > 0,001$
Séfa .....	$y_2 = 0,447 x_3 + 1,30$	$r = 0,902$	T.H.S.	$P > 0,001$
Bambari ...	$y_2 = 0,393 x_3 + 3,36$	$r = 0,957$	T.H.S.	$P > 0,001$
Guédé .....	$y_2 = 0,433 x_3 + 3,84$	$r = 0,967$	T.H.S.	$P > 0,001$
Martinique	$y_2 = 0,466 x_3 + 15,50$	$r = 0,892$	T.H.S.	$P > 0,001$
<u>III pF 2,5</u>				
Bondy .....	$y_3 = 0,408 x_3 + 8,39$	$r = 0,651$	T.H.S.	$P > 0,001$
Kolocopé ..	$y_3 = 0,558 x_3 + 4,00$	$r = 0,925$	T.H.S.	$P > 0,001$
Séfa .....	$y_3 = 0,493 x_3 + 2,53$	$r = 0,863$	T.H.S.	$P > 0,001$
Bambari ...	$y_3 = 0,391 x_3 + 5,79$	$r = 0,958$	T.H.S.	$P > 0,001$
Guédé .....	$y_3 = 0,309 x_3 + 11,44$	$r = 0,897$	T.H.S.	$P > 0,001$
Martinique	$y_3 = 0,553 x_3 + 16,20$	$r = 0,890$	T.H.S.	$P > 0,001$

Annexe 3

RELATIONS ENTRE TAUX D'HUMIDITE, TENEUR EN ELEMENTS 0-20 µ ET TENEUR EN CARBONE

		A + L : t <sub>1</sub>		Carbone : t <sub>2</sub>	
<b>I pF 4,2</b>					
Bondy .....	$y_1 = 0,230 x_1 + 0,592 x_2 + 3,80$	t <sub>1</sub> = 4,866	T.H.S.	t <sub>2</sub> = 1,318	N.S.
Kolocopé ...	$y_1 = 0,228 x_1 + 2,226 x_2 + 0,14$	6,752	T.H.S.	2,040	plaus.
Séfa .....	$y_1 = 0,192 x_1 - 0,200 x_2 + 1,29$	16,695	T.H.S.	0,620	N.S.
Bambari ....	$y_1 = 0,292 x_1 + 0,396 x_2 - 11,16$	15,870	T.H.S.	0,566	N.S.
Guédé .....	$y_1 = 0,236 x_1 - 1,680 x_2 + 0,45$	34,450	T.H.S.	1,650	N.S.
<b>II pF 3,0</b>					
Bondy .....	$y_2 = 0,418 x_1 + 1,661 x_2 - 0,09$	7,864	T.H.S.	3,288	H.S.
Kolocopé ...	$y_2 = 0,313 x_1 + 7,482 x_2 - 4,26$	4,450	T.H.S.	3,219	H.S.
Séfa .....	$y_2 = 0,289 x_1 + 0,987 x_2 + 1,01$	14,286	T.H.S.	1,751	plaus.
Bambari ....	$y_2 = 0,300 x_1 + 2,249 x_2 + 1,26$	13,560	T.H.S.	2,675	S.
Guédé .....	$y_2 = 0,341 x_1 + 3,404 x_2 + 1,04$	20,887	T.H.S.	1,401	N.S.
<b>III. pF 2,5</b>					
Bondy .....	$y_3 = 0,502 x_1 + 2,095 x_2 - 0,54$	9,816	T.H.S.	4,310	T.H.S.
Kolocopé ...	$y_3 = 0,406 x_1 + 4,564 x_2 - 0,77$	7,158	T.H.S.	2,491	S.
Séfa .....	$y_3 = 0,346 x_1 + 0,901 x_2 + 1,87$	19,548	T.H.S.	1,805	plaus.
Bambari ....	$y_3 = 0,299 x_1 + 2,158 x_2 + 3,84$	13,205	T.H.S.	2,508	S.
Guédé .....	$y_3 = 0,245 x_1 + 9,328 x_2 + 6,73$	10,253	T.H.S.	2,625	S.

Annexe 4

RELATION ENTRE HUMIDITE pF 2,5 - pF 4,2 et pF 3,0 - pF 4,2/ GRANULOMETRIE ET TENEUR EN CARBONE

		$t_1$	A + L	$t_2$	Carbone
<u>I pF 2,5 - pF 4,2</u>					
Bondy .....	$y'' = 0,271 x_1 + 1,481 x_2 - 4,29$	$t_1 = 5,478$	T.H.S.	$t_2 = 3,153$	H.S.
Kolocopé .....	$y'' = 0,179 x_1 + 2,335 x_2 - 0,88$	3,279	H.S.	1,324	N.S.
Séfa .....	$y'' = 0,154 x_1 + 1,100 x_2 + 0,58$	7,794	T.H.S.	1,974	plaus.
Bambari .....	$y'' = 0,00724 x_1 + 1,761 x_2 + 3,93$	0,329	N.S.	2,108	S.
Guédé .....	$y'' = 0,009 x_1 + 11,008 x_2 + 6,26$	0,447	N.S.	3,634	H.S.
<u>II pF 3,0 - pF 4,2</u>					
Bondy .....	$y' = 0,188 x_1 + 1,069 x_2 - 3,89$	2,967	H.S.	1,775	plaus.
Kolocopé .....	$y' = 0,085 x_1 + 5,256 x_2 - 4,32$	1,203	N.S.	2,300	S.
Séfa .....	$y' = 0,096 x_1 + 1,225 x_2 + 0,30$	5,918	T.H.S.	2,679	S.
Bambari .....	$y' = 0,0086 x_1 + 1,853 x_2 + 1,34$	0,460	N.S.	2,604	S.
Guédé .....	$y' = 0,105 x_1 + 5,091 x_2 + 0,58$	8,046	T.H.S.	2,613	S.

Annexe 5

RELATION ENTRE TENEUR EN EAU ET INSTABILITE STRUCTURALE

<u>I pF 4,2</u>				
Bondy .....	$y_1 = -0,047 x_4 + 10,97$	$r = 0,017$	N.S.	$P < 0,10$
Kolocopé ....	$y_1 = 1,438 x_4 + 4,81$	$r = 0,450$	N.S.	$P \leq 0,10$
Séfa .....	$y_1 = 0,759 x_4 + 2,48$	$r = 0,427$	H.S.	$P > 0,01$
Bambari .....	$y_1 = -2,539 x_4 + 13,79$	$r = 0,421$	plausible	$P > 0,10$
<u>II pF 3,0</u>				
Bondy .....	$y_2 = 1,780 x_4 + 11,94$	$r = 0,442$	S.	$P > 0,02$
Kolocopé ....	$y_2 = 3,729 x_4 + 3,97$	$r = 0,641$	S.	$P > 0,02$
Séfa .....	$y_2 = 1,047 x_4 + 3,87$	$r = 0,361$	S.	$P > 0,02$
Bambari .....	$y_2 = -2,926 x_4 + 18,37$	$r = 0,423$	plausible	$P > 0,10$
<u>III pF 2,5</u>				
Bondy .....	$y_3 = 1,977 x_4 + 14,22$	$r = 0,430$	S.	$P > 0,02$
Kolocopé ....	$y_3 = 3,438 x_4 + 6,57$	$r = 0,590$	S.	$P > 0,05$
Séfa .....	$y_3 = 1,255 x_4 + 5,10$	$r = 0,376$	H.S.	$P > 0,01$
Bambari .....	$y_3 = -2,791 x_4 + 20,61$	$r = 0,407$	plausible	$P > 0,10$

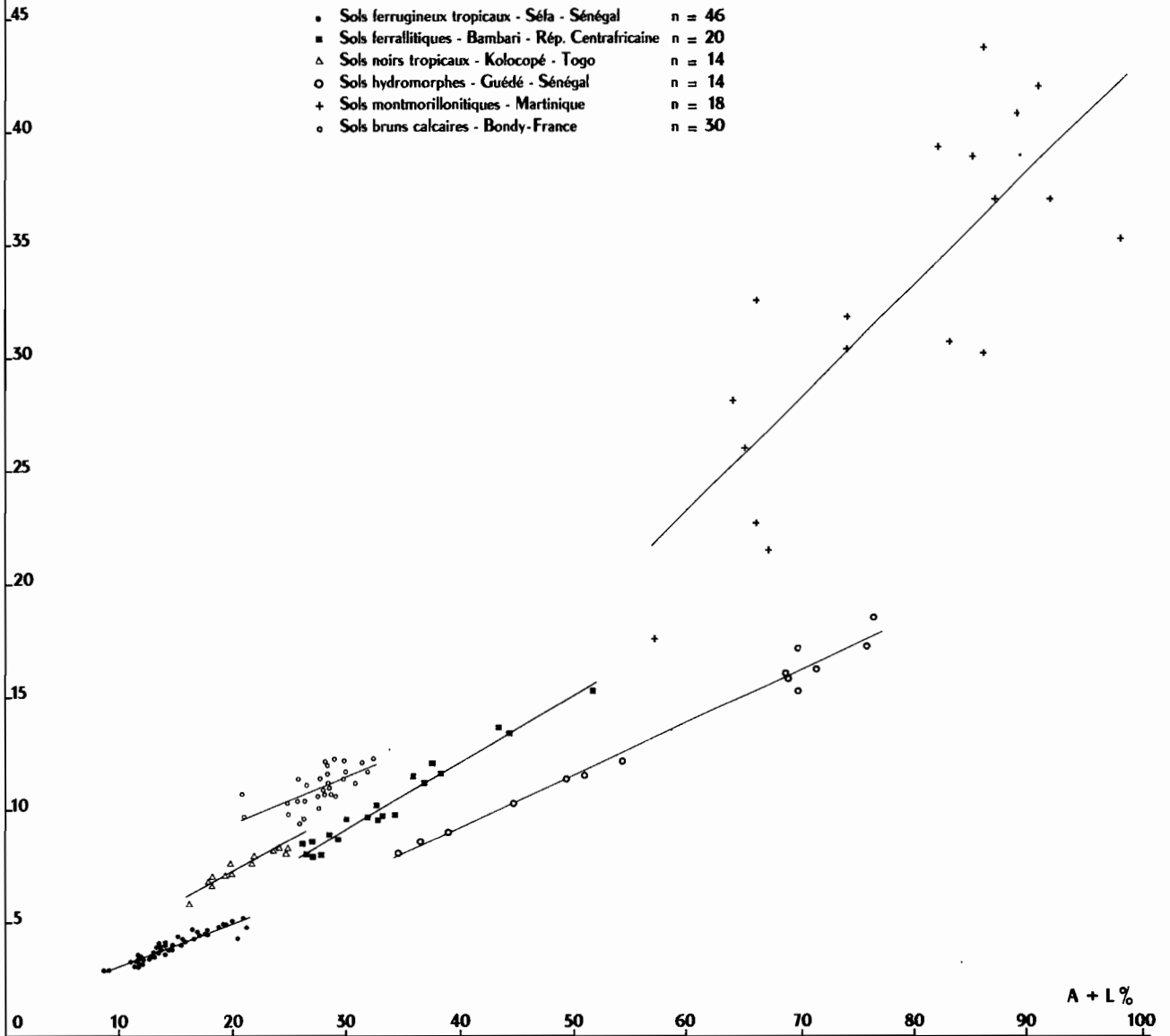
Annexe 6

RELATION ENTRE HUMIDITE  $\Delta$  pF 2,5 - pF 4,2 et pF 3,0 - pF 4,2/ TENEUR  
EN CARBONE ET INDICE D'INSTABILITE STRUCTURALE

		$t_1$ : carbone		$t_2$ : $I_s$	
I pF 2,5 - pF 4,2					
Bondy .....	$y'' = 0,925 x_2 + 2,155 x_4 + 1,68$	$t_1 = 2,026$	plausible	$t_2 = 5,138$	T.H.S.
Kolocopé .....	$y'' = 4,601 x_2 + 1,275 x_4 - 2,23$	2,766	S.	2,259	S.
Séfa .....	$y'' = 3,722 x_2 + 0,465 x_4 + 0,16$	5,778	T.H.S.	2,302	S.
Bambari .....	$y'' = 2,995 x_2 + 0,810 x_4 + 1,45$	12,097	T.H.S.	6,271	T.H.S.
Guédé .....	$y'' = 11,009 x_2 + 0,027 x_4 + 6,61$	3,589	H.S.	0,108	N.S.
II pF 3,0 - pF 4,2					
Bondy .....	$y' = 0,771 x_2 + 1,953 x_4 - 0,36$	1,517	N.S.	4,183	T.H.S.
Kolocopé .....	$y' = 5,143 x_2 + 1,481 x_4 - 5,26$	3,501	H.S.	2,971	S.
Séfa .....	$y' = 2,867 x_2 + 0,258 x_4 - 0,51$	6,085	T.H.S.	1,752	plaus.
Bambari .....	$y' = 2,899 x_2 + 0,640 x_4 - 0,62$	4,264	T.H.S.	1,804	plaus.
Guédé .....	$y' = 4,746 x_2 - 0,722 x_4 + 11,21$	1,059	N.S.	1,958	plaus.

H<sub>2</sub>O %  
pF4,2

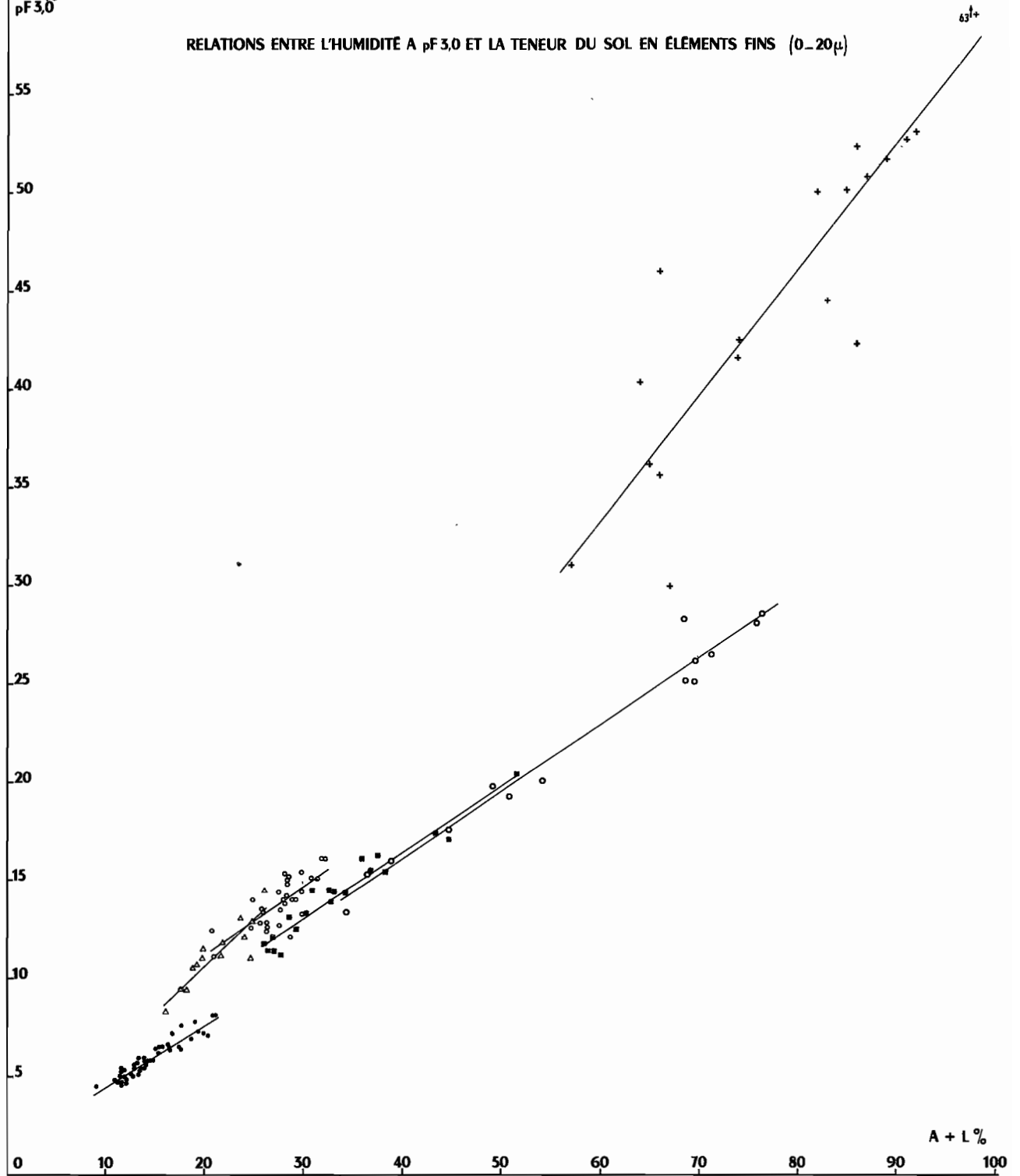
RELATIONS ENTRE L'HUMIDITÉ A pF4,2 ET LA TENEUR DU SOL EN ÉLÉMENTS FINS (0-20 $\mu$ )



GRAPHIQUE 1

H<sub>2</sub>O%  
pF 3,0

RELATIONS ENTRE L'HUMIDITÉ A pF 3,0 ET LA TENEUR DU SOL EN ÉLÉMENTS FINS (0-20 $\mu$ )



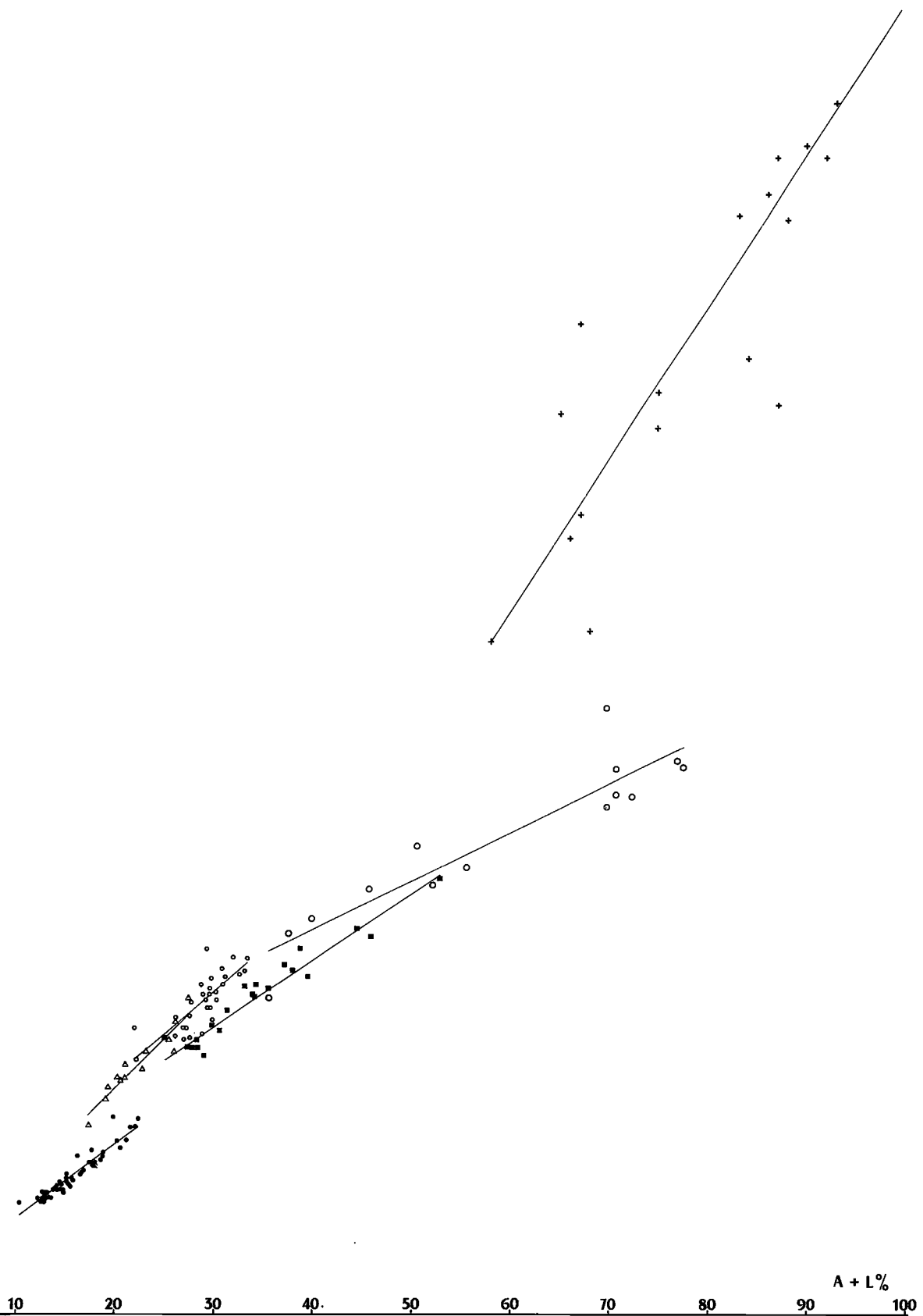


H<sub>2</sub>O %  
pF 2,5

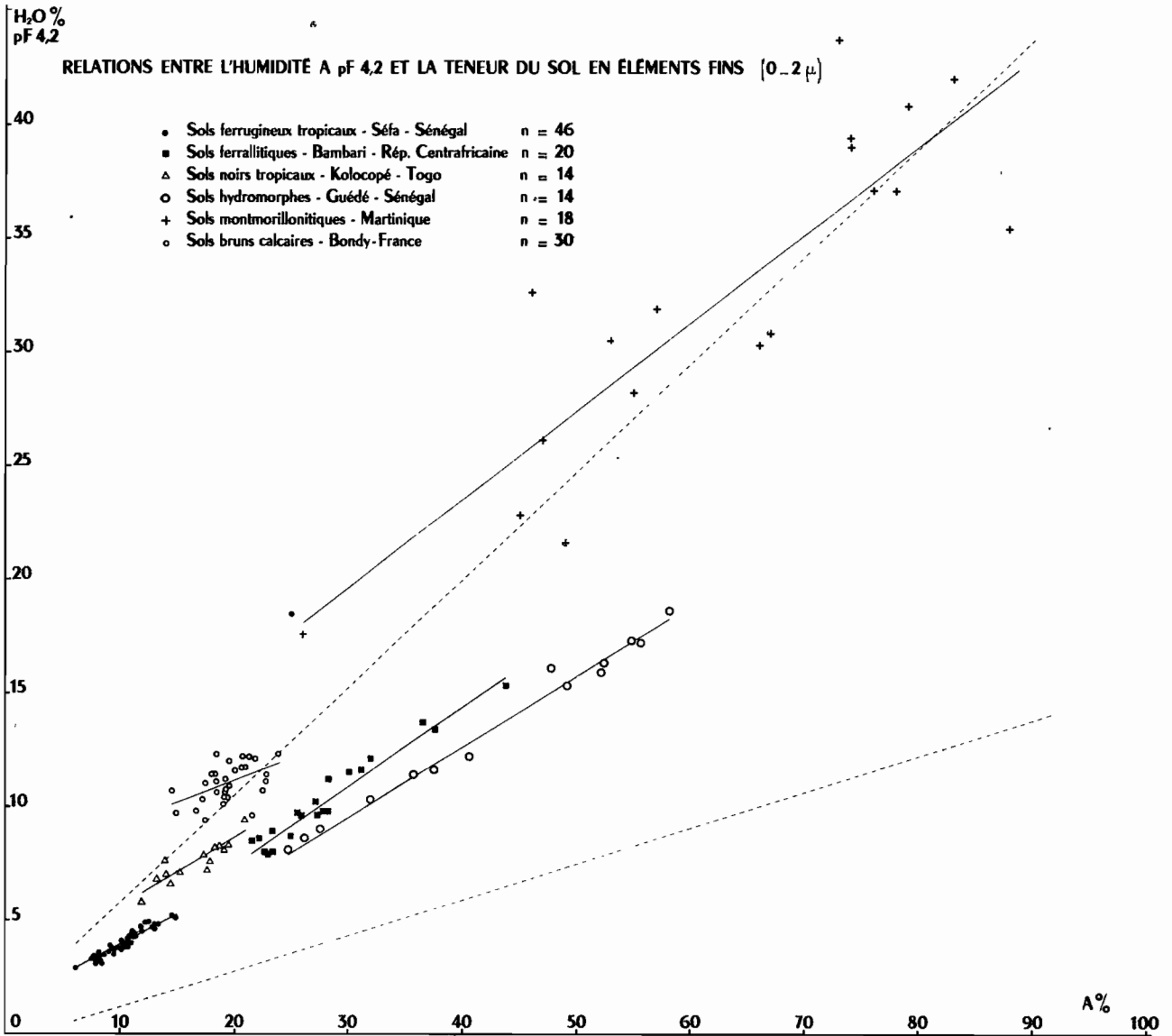
RELATIONS ENTRE L'HUMIDITÉ A pF 2,5 ET LA TENEUR DU SOL EN ÉLÉMENTS FINS (0-20 $\mu$ )

74,51+

.65  
.60  
.55  
.50  
.45  
.40  
.35  
.30  
.25  
.20  
.15  
.10  
.5  
0



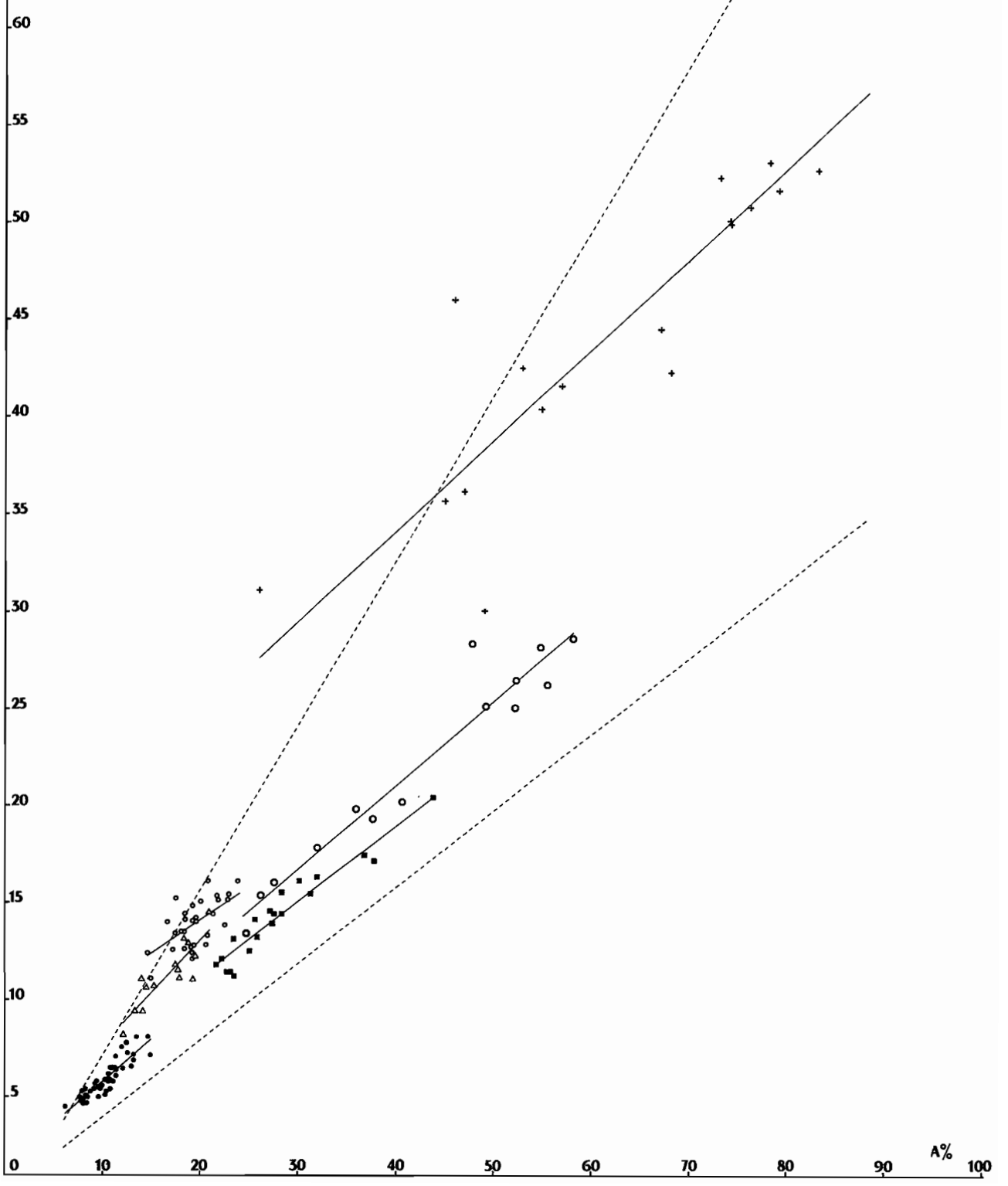
A + L %  
100

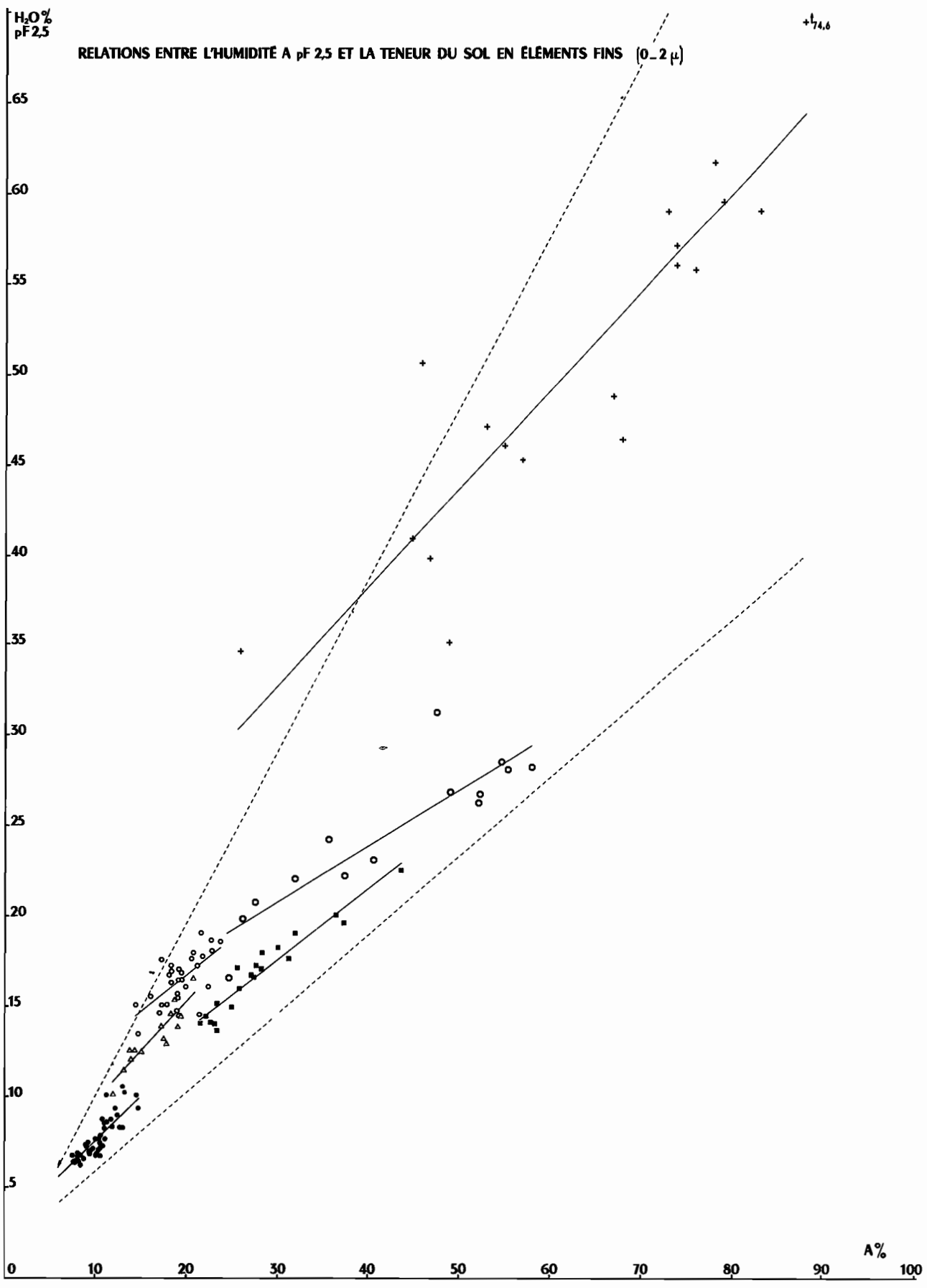


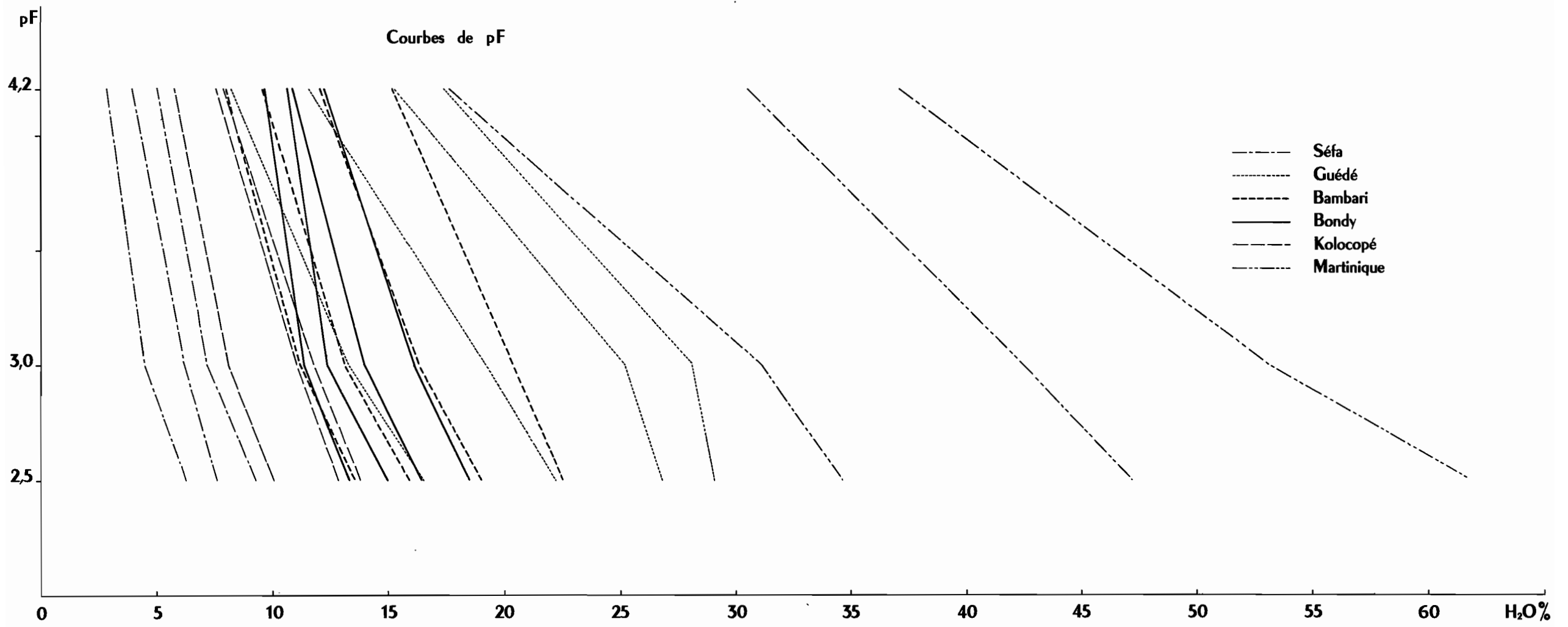
**GRAPHIQUE 4**

H<sub>2</sub>O%  
pF 3,0

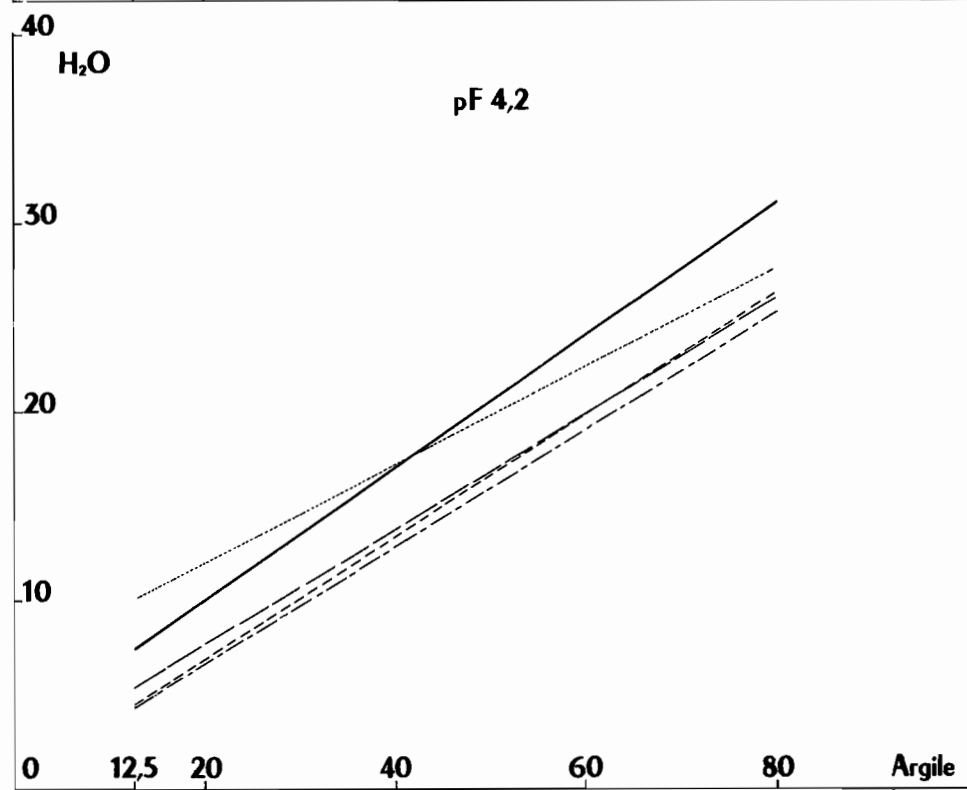
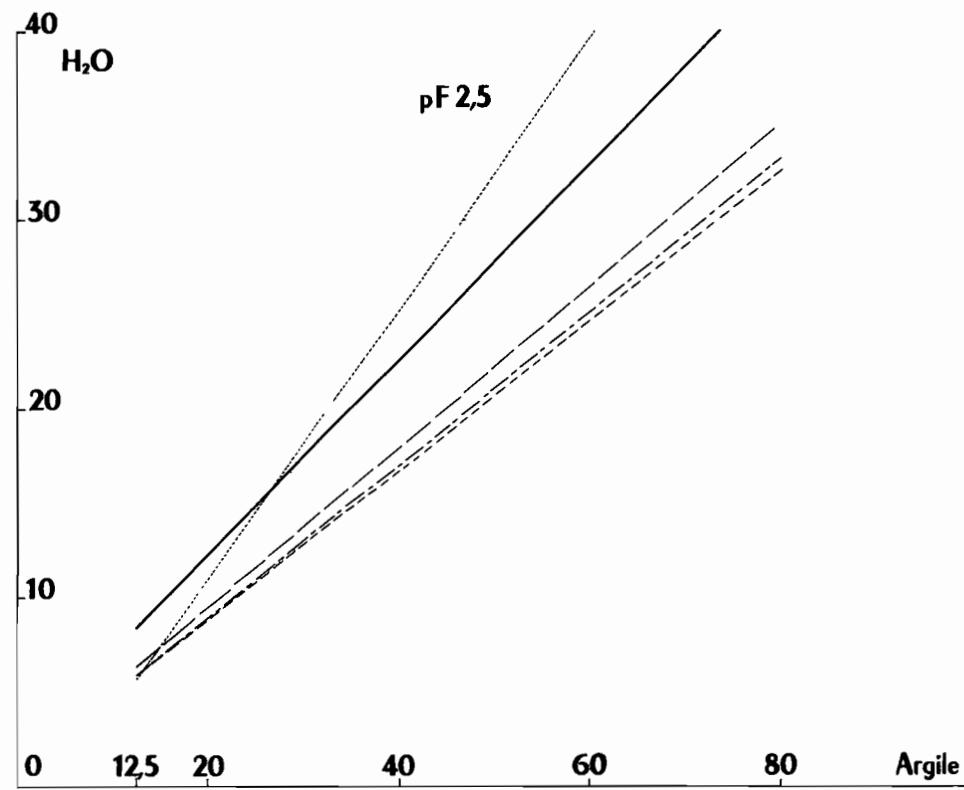
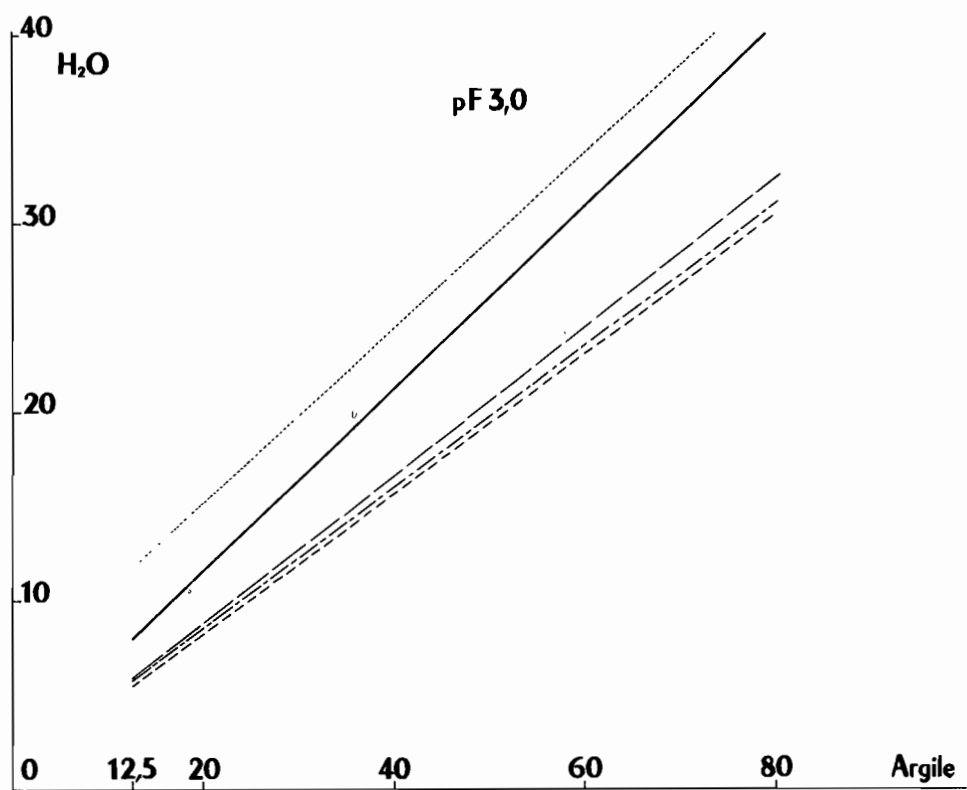
RELATIONS ENTRE L'HUMIDITÉ A pF 3,0 ET LA TENEUR DU SOL EN ÉLÉMENTS FINS (0-2 μ)





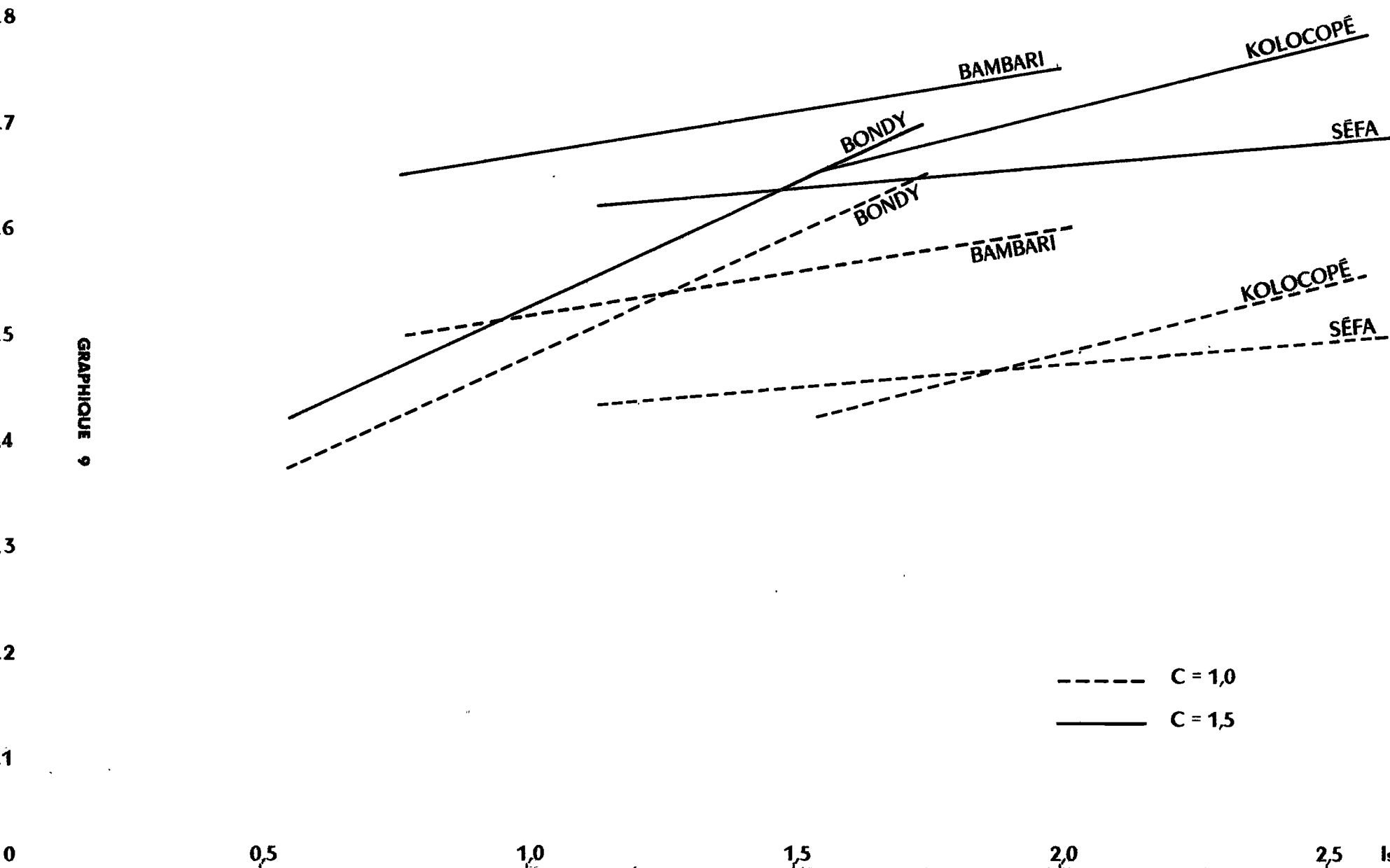


GRAPHIQUE 7



- ..... GUÈDE
- BONDY
- KOLOCOPE
- - - - SÉFA
- · - · BAMBARI

pF 2,5 — pF 4,2



GRAPHIQUE 9

----- C = 1,0  
———— C = 1,5

RESULTATS D'ANALYSES

SOLS DE BONDY - 30 ECHANTILLONS

Echantillons	(A + L) %	A %	C %	I <sub>s</sub>	pF 4,2	pF 3,0	pF 2,5	pF 3,0 - pF 4,2	pF 2,5 - pF 4,2
A 1	30,9	22,8	1,52	1,72	11,2	15,1	18,6	3,9	7,4
2	24,9	16,6	1,91	1,09	9,8	14,0	15,5	4,2	5,7
3	25,9	17,4	1,62	1,35	9,4	13,4	15,0	4,0	5,6
4	27,5	18,4	1,66	1,36	10,6	14,4	17,2	3,8	6,4
5	28,1	22,5	1,17	1,12	10,7	13,8	16,0	3,1	5,3
6	26,3	19,1	1,34	0,90	10,4	12,4	15,6	2,0	5,2
7	20,8	14,5	1,95	0,38	10,7	12,4	15,0	1,7	4,3
8	21,0	14,9	1,62	0,62	9,7	11,1	13,4	1,4	3,7
9	28,1	21,7	1,61	0,98	12,2	15,3	19,0	3,1	6,8
10	25,8	18,0	1,66	0,54	11,4	13,5	15,0	2,1	3,6
11	24,8	17,1	1,66	0,79	10,3	12,6	14,6	2,3	4,3
12	27,7	18,2	1,73	0,79	11,4	13,5	16,7	2,1	5,3
13	28,4	19,2	1,46	1,16	11,2	14,8	17,0	3,6	5,8
14	31,5	21,9	1,42	1,57	12,1	15,1	17,7	3,0	5,6
15	27,6	19,0	1,12	1,42	10,1	12,7	14,7	2,6	4,6
16	28,0	19,5	1,12	1,28	10,9	14,0	16,4	3,1	5,5
17	28,4	19,5	1,40	1,21	12,0	14,2	16,8	2,2	4,8
18	32,3	23,9	1,03	1,01	12,3	16,1	18,5	3,8	6,2
19	29,1	19,2	1,20	1,05	10,6	14,0	16,4	3,4	5,8
20	26,5	18,4	1,15	0,80	11,1	12,6	16,3	1,5	5,2
21	32,0	20,8	1,22	1,22	11,7	16,1	17,9	4,4	6,2
22	30,0	20,7	1,46	1,23	11,7	13,3	17,6	1,6	5,9
23	28,7	19,2	1,15	1,10	10,7	12,1	15,4	1,4	4,7
24	29,9	21,3	1,16	0,98	12,2	14,4	17,2	2,2	5,0
25	26,3	21,5	1,04	1,42	9,6	12,8	14,5	3,2	4,9
26	25,7	19,3	0,94	0,95	10,4	12,8	14,4	2,4	4,0
27	28,5	17,4	1,86	1,27	11,0	15,2	17,5	4,2	6,5
28	29,8	22,9	1,78	1,49	11,4	15,4	18,0	4,0	6,6
29	28,4	10,0	1,30	0,85	11,6	15,0	16,0	3,4	4,4
30	29,0	18,4	1,47	0,84	12,3	14,1	16,8	1,8	4,5



**RESULTATS D'ANALYSES**  
**SOLS DE BAMBARI - 20 ECHANTILLONS**

Echantillons	(Δ + L)%	Δ %	C %	I <sub>s</sub>	pF 4,2	pF 3,0	pF 2,5	pF 3,0 - pF 4,2	pF 2,5 - pF 4,2
BAM C4	32,0	25,6	1,44	0,77	9,7	14,5	17,1	4,8	7,4
304	36,0	30,1	1,35	1,65	11,5	16,1	18,2	4,6	6,7
305	37,6	32,0	1,33	1,76	12,1	16,3	19,0	4,2	6,9
306	32,8	27,2	1,30	1,58	10,2	14,5	16,7	4,3	6,5
307	32,9	27,3	1,19	2,00	9,6	13,9	16,6	4,3	7,0
308	33,2	27,7	1,41	1,55	9,7	14,4	17,2	4,7	7,5
315	28,6	23,4	1,39	1,12	8,9	13,1	15,1	4,2	6,2
316	27,0	22,2	1,22	1,48	8,6	12,1	14,4	3,5	5,8
317	26,1	21,6	1,21	1,52	8,5	11,8	14,0	3,3	5,5
318	30,1	25,9	1,17	1,50	9,6	13,3	15,9	3,7	6,3
321	26,5	22,7	1,09	1,69	8,0	11,4	14,0	3,4	6,0
324	29,4	25,0	1,11	1,64	8,7	12,5	14,9	3,8	6,2
325	27,1	23,0	1,02	1,72	7,9	11,4	14,0	3,5	6,1
336	27,8	23,4	1,03	1,37	8,0	11,2	13,6	3,2	5,6
342	34,4	28,3	1,46	1,09	9,8	14,4	17,0	4,6	7,2
343	44,8	37,7	1,41	1,10	13,4	17,1	19,6	3,7	6,2
344	51,7	43,8	1,53	1,11	15,3	20,4	22,5	5,1	7,2
345	43,4	36,6	1,48	0,92	13,7	17,4	20,0	3,7	6,3
346	38,4	31,3	1,22	1,10	11,6	15,4	17,6	3,8	6,0
347	36,9	28,3	1,71	0,83	11,2	15,5	17,9	4,3	6,7

RESULTATS D'ANALYSES

SOLS DE SEFA - 46 ECHANTILLONS

Echantillons	(A + L)%	A%	C %	I <sub>s</sub>	pF 4,2	pF 3,0	pF 2,5	pF 3,0 - pF 4,2	pF 2,5 - pF 4,2
B 101	12,8	9,5	0,60	1,80	3,5	5,0	6,9	1,5	3,4
201	14,3	10,5	0,60	1,59	3,8	5,8	7,0	2,0	3,2
301	15,4	10,5	0,65	2,48	4,0	6,2	7,6	2,2	3,6
401	15,7	10,7	0,67	2,29	4,2	6,5	7,8	2,3	3,6
501	15,5	11,2	0,59	2,63	4,3	6,5	7,6	2,2	3,3
601	16,8	13,1	0,57	2,00	4,6	7,2	8,2	2,6	3,6
B 103	14,5	9,4	0,70	1,93	3,8	5,8	7,4	2,0	3,6
203	14,0	10,6	0,71	1,62	4,0	5,8	7,4	1,8	3,4
303	16,5	11,1	0,70	2,41	4,4	6,5	8,2	2,1	3,8
403	13,5	10,3	0,56	1,67	3,9	5,3	6,8	1,4	2,9
503	14,6	11,0	0,58	2,01	4,0	5,8	7,3	1,8	3,3
603	18,7	13,1	0,52	2,52	4,8	6,9	9,2	2,1	4,4
B 109	11,7	8,3	0,69	2,14	3,2	4,7	6,4	1,5	3,2
209	14,0	10,2	0,66	2,29	4,1	5,9	7,6	1,8	3,5
309	12,6	8,2	0,61	2,53	3,4	5,1	6,8	1,7	3,4
409	14,0	9,1	0,61	2,11	3,6	5,4	7,3	1,6	3,7
509	17,7	11,3	0,72	2,30	4,5	6,1	8,5	1,6	4,0
609	17,5	12,0	0,69	2,34	4,5	6,5	8,3	2,0	3,8
B 111	12,1	8,0	0,57	2,02	3,4	4,9	6,4	1,5	3,0
211	16,5	10,9	0,80	1,88	4,3	6,5	8,7	2,2	4,4
311	13,4	10,2	0,68	2,07	3,7	5,1	6,8	1,4	3,1
411	13,6	10,7	0,65	1,62	3,8	5,4	6,7	1,6	2,9
511	20,0	14,9	0,74	2,37	5,1	7,2	9,3	2,1	4,2
611	16,4	12,9	0,69	2,00	4,7	6,6	8,2	1,9	3,5

SOLS DE SEFA - (Suite)

Echantillons	(A + L)%	A %	C %	I <sub>s</sub>	pF 4,2	pF 3,0	pF 2,5	pF 3,0 - pF 4,2	pF 2,5 - pF 4,2
B 110	11,7	8,5	0,56	1,71	3,1	4,7	6,2	1,6	3,1
210	11,4	7,9	0,68	1,86	3,1	4,7	6,4	1,6	3,3
310	12,2	8,0	0,66	2,04	3,4	4,7	6,4	1,3	3,0
410	13,0	9,7	0,67	1,34	3,5	5,4	7,0	1,9	3,5
510	21,2	13,4	0,85	2,18	4,8	8,1	10,4	3,3	5,6
610	20,9	14,6	0,95	2,05	5,2	8,1	10,0	2,9	4,8
B 126	20,4	11,3	0,82	2,19	4,3	7,1	10,0	2,8	5,7
226	12,0	8,4	0,65	1,41	3,2	5,0	6,7	1,8	3,5
326	11,5	7,6	0,60	1,60	3,3	5,0	6,7	1,7	3,4
426	9,1	6,1	0,61	1,13	2,9	4,5	6,3	1,6	3,4
526	11,0	7,8	0,64	1,89	3,3	4,8	6,4	1,5	3,1
626	15,1	11,3	0,74	1,68	4,4	6,4	8,5	2,0	4,1
A 401	13,3	9,2	0,60	1,80	3,9	5,7	7,2	1,8	3,3
601	13,4	10,7	0,59	1,97	4,1	5,9	7,1	1,8	3,0
A 111	11,7	7,9	0,65	1,96	3,4	5,3	6,4	1,9	3,0
211	17,7	11,9	0,94	1,93	4,7	7,6	8,7	2,9	4,0
311	14,1	9,9	0,79	1,74	3,8	5,6	7,1	1,8	3,3
L 310	11,8	8,7	0,66	1,93	3,5	5,3	6,5	1,8	3,0
510	19,4	12,5	0,91	2,18	4,9	7,3	8,9	2,4	4,0
610	19,1	12,4	0,93	1,54	4,9	7,8	9,3	2,9	4,4
A 126	13,0	9,5	0,65	1,52	3,7	5,5	6,8	1,8	3,1
326	11,7	8,2	0,74	2,10	3,6	5,4	6,7	1,8	3,1

RESULTATS D'ANALYSES

SOLS DE KOLOCOPE - 14 ECHANTILLONS

Echantillons	(A+L)%	A %	C %	I <sub>s</sub>	pF 4,2	pF 3,0	pF 2,5	pF 3,0 - pF 4,2	pF 2,5 - pF 4,2
K 1	16,1	12,0	1,05	1,54	5,8	8,2	10,1	2,4	4,3
1'	21,7	17,8	1,10	1,64	7,6	11,1	12,9	3,5	5,3
2	21,9	17,3	1,22	2,07	7,9	11,8	13,8	3,9	5,9
2'	24,1	19,4	1,16	2,12	8,3	12,2	14,4	3,9	6,1
3	19,8	13,9	1,31	1,66	7,6	11,0	12,5	3,4	4,9
3'	24,7	19,1	1,16	1,89	8,1	11,0	13,8	2,9	5,7
4	18,1	14,0	1,08	1,62	7,0	9,4	12,0	2,4	5,0
4'	24,9	18,7	1,31	2,23	8,3	12,9	15,3	4,6	7,0
5	19,9	17,6	1,19	2,15	7,2	11,5	13,2	4,3	6,0
5'	23,7	18,3	1,26	2,57	8,2	13,1	14,5	4,9	6,3
6	17,8	13,2	1,08	1,81	6,8	9,4	11,4	2,6	4,6
6'	26,1	20,9	1,35	1,87	9,4	14,5	16,5	5,1	7,1
7	19,3	15,1	1,14	2,00	7,1	10,7	12,4	3,6	5,3
7'	19,1	14,4	1,13	1,95	6,6	10,6	12,5	4,0	5,9

RESULTATS D'ANALYSES

SOLS DE GUEDE - 14 ECHANTILLONS

Echantillons	(A+L) %	A %	C %	I <sub>s</sub>	pF 4,2	pF 3,0	pF 2,5	pF 3,0 - pF 4,2	pF 2,5 - pF 4,2
P 3	69,7	55,5	0,39	5,72	17,2	26,2	28,1	9,0	10,9
10	75,9	54,8	0,43	4,87	17,3	28,1	28,5	10,8	11,2
29	68,6	47,7	0,59	5,8 <sup>2</sup>	16,1	28,3	31,2	12,2	15,1
30	69,7	49,1	0,53	4,71	15,3	25,1	26,8	9,8	11,5
55	68,7	52,2	0,27	4,98	15,9	25,0	26,2	9,1	10,3
80	76,5	58,2	0,26	5,54	18,6	28,6	28,2	10,0	9,6
89	71,3	52,4	0,28	5,06	16,3	26,4	26,7	10,1	10,4
105	54,3	40,6	0,47	8,80	12,2	20,1	23,1	7,9	10,9
106	51,0	37,5	0,38	7,9 <sup>4</sup>	11,6	19,3	22,2	7,7	10,6
109	34,5	24,8	0,33	5,56	8,1	13,4	16,5	5,3	8,4
112	38,9	27,6	0,34	7,66	9,0	16,0	20,7	7,0	11,7
116	44,7	32,0	0,51	5,98	10,3	17,8	22,0	7,5	11,7
117	36,5	26,2	0,34	6,76	8,6	15,3	19,8	6,7	11,2
119	49,3	35,9	0,45	6,25	11,4	19,8	24,2	8,4	12,8

RESULTATS D'ANALYSES

SOLS DE LA MARTINIQUE - 18 ECHANTILLONS

Echantillon	(A + L) %	A %	C%	I <sub>s</sub>	pF 4,2	pF 3,0	pF 2,5	pF 3,0 - pF 4,2	pF 2,5 - pF 4,2
X 15	86	73			43,8	52,3	59,1	8,5	15,3
53	74	57			31,9	41,6	45,4	9,7	13,5
91	83	67			30,8	44,5	48,9	13,7	18,1
252	74	53			30,5	42,5	47,2	12,0	16,7
280	64	55			28,2	40,4	46,1	12,2	17,9
313	86	68			30,3	42,3	46,5	12,0	16,2
334	66	46			32,6	46,0	50,7	13,4	18,1
408	66	45			22,8	35,7	41,0	12,9	18,2
421	65	47			26,1	36,2	39,8	10,1	13,7
638	85	74			39,0	50,1	57,2	11,1	18,2
684	82	74			39,4	50,0	56,1	10,6	16,7
686	89	79			40,9	51,7	59,7	10,8	18,8
689	91	83			42,1	52,7	59,1	10,6	17,0
750	87	76			37,1	50,8	55,9	13,7	18,8
758	92	78			37,1	53,1	61,8	16,0	24,7
760	98	88			35,4	63,5	74,6	28,1	39,2
2449 A	57	26			17,6	31,1	34,6	13,5	17,0
3870 A	67	49			21,6	30,0	35,1	8,4	13,5