

REPUBLIQUE DE
CÔTE D'IVOIRE

—

AUTORITE POUR
L'AMENAGEMENT
DE LA VALLEE DU
BANDAMA

EVOLUTION DES SOLS APRES DEFRICHEMENT ET MISE
EN CULTURE SEMI - MECANISEE
DANS LA REGION CENTRE

—

ENQUETE PEDOLOGIQUE EFFECTUEE EN 1975
SUR LES ENSEMBLES DE BOYAKRO ET BRIKRO
(SECTEUR DE KONNAHIRI)



Laboratoire de Pédologie

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE D'ADIOPODOUMÉ - CÔTE D'IVOIRE

B.P.V 51 - ABIDJAN

Ph. de BLIC

Décembre 1976

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER
CENTRE D'ADIPODOUME

Laboratoire de Pédologie

EVOLUTION DES SOLS APRES DEFRIQUEMENT ET MISE EN CULTURE
SEMI-MECANISEE DANS LA REGION CENTRE

ENQUETE PEDOLOGIQUE EFFECTUEE EN 1975
SUR LES ENSEMBLES DE BOYAKRO ET BRIKRO (SECTEUR DE KOUNAHIRI)

par

Ph. de BLIC

INTRODUCTION.

Ce rapport présente les résultats d'observations effectuées en 1975 sur deux des Ensembles de culture semi-mécanisée mis en place par l'Autorité pour l'Aménagement de la Vallée du Bandama : BRIKRO 1 et BOYAKRO 2. Ces observations nous ont permis de compléter l'enquête pédologique menée l'année précédente dans la région de BEOUMI (Ph. de BLIC, 1975).

Nous ne reviendrons pas ici sur les caractéristiques du milieu naturel et ne retiendrons que les traits différenciant le paysage schisteux de BOYAKRO de son homologue granitique de BEOUMI.

1°) La roche-mère est constituée par des schistes métamorphiques ; on en retrouve fréquemment des débris bien reconnaissables à faible profondeur (moins de 2 m.).

2°) Le modelé est plus tranché que celui du paysage granitique. Les parties hautes aplanies conservent souvent des témoins de cuirasses anciennes (niveau Haut Glacis).

3°) Les phénomènes de colluvionnement, caractéristiques du pays granitique, sont ici peu marqués. Les remaniements sont par contre beaucoup plus importants : on notera en particulier la présence quasi constante de niveaux gravillonnaires et graveleux à moins de 2 m. de profondeur.

4°) La végétation est caractérisée par une dominance très nette des recrus forestiers diversement développés sur les savanes ; celles-ci sont surtout localisées à la partie inférieure des versants.

Rappelons brièvement les traits majeurs du système agricole mis en place par l'A.V.B :

- défriche totale motorisée des Ensembles cultureux, précédée à BRIKRO, du brûlis de la strate basse,

- mise en place d'un assolement quinquennal : igname, maïs-coton, riz, deux années de prairie artificielle pâturée à *Stylosanthes*,

- limitation des techniques culturales mécanisées aux travaux de préparation du sol.

Comme à Béoumi l'enquête s'est fondée sur l'analyse comparée de différents types de sols évoluant, les uns sous culture mécanisée, les autres sous conditions naturelles. Sept stations couplées milieu naturel - milieu cultivé ont été retenues après examen de la carte pédologique au 1/10.000 et contrôle sur le terrain de l'homogénéité intrastationnelle.

Station	Localisation	Type de sol	Végétation témoin	Date défriche	Successions culturales
BR-1	BRIKRO 1 sole A	Remanié modal avec recouvrement	Recru fores- tier bien développé	1973	Igname Maïs-coton
BR-3	BRIKRO 1 sole C	Remanié induré	Savane arbus- tive claire	1973	<i>Stylosanthes</i> <i>Stylosanthes</i>
BR-4	BRIKRO 1 sole D	Remanié modal avec recouvrement	Recru fores- tier moyenne- ment dévelop- pé	1973	Riz Igname
BO-5	BOYAKRO 2 sole A	Remanié modal avec recouvrement	Savane herbeu- se à <i>Pennisetum</i>	1972	Riz Igname Maïs-coton
BO-6	BOYAKRO 2	Remanié modal	Recru fores- tier moyenne- ment développé	1972	Riz Igname Maïs-coton
BO-7	BOYAKRO 2 sole B	Remanié modal	Recru fores- tier peu développé	1972	Igname Coton Riz
BO-8	BOYAKRO 2 sole B	Remanié modal avec recouvrement	Recru fores- tier moyenne- ment développé	1972	Igname Coton Riz

MORPHOLOGIE DES SOLS.

Il ne nous a pas toujours été possible, en raison de l'état d'humidité des profils, de préciser les caractères morphostructuraux. Nous nous appuyerons donc essentiellement sur les valeurs de porosité établies à partir des densités apparentes mesurées in situ. Six classes de porosité permettent de relier le degré de compacité du sol à l'enracinement des plantes cultivées :

Porosité %	Appréciation	Enracinement des plantes cultivées
< 35	porosité très faible	très mauvais
35 - 40	" faible	mauvais
40 - 45	" moyenne	moyen
45 - 50	" assez élevée	bon
50 - 55	" élevée	très bon
> 55	" très élevée	terre creuse ?

Les diagnostics structuraux, lorsqu'ils ont pu être établis, sont exprimés à l'aide de termes synthétiques simples (Chatelin 1972):

Amérode	structure massive
Pauciclude.....	structure massive à débris polyédriques structures fragmentaires peu nettes
Anguclide	structures fragmentaires nettes et assez nettes
Grumoclude.....	structure grumeleuse structure polyédrique fine subanguleuse.

Nous avons ajouté le terme "Hétéroclode" pour qualifier une association structurale fréquente dans les horizons culturaux et caractérisée par un mélange lâche de petites mottes plus ou moins arrondies, d'agrégats émoussés de tailles variées et d'éléments particuliers.

STATION BR-1

Sol naturel

- 0-10 cm : Humifère, brun, anguclide, porosité très élevée, nombreuses racines, forte activité biologique.
- 10-20 cm : moins humifère, brun rougeâtre, anguclide, porosité élevée, grosses racines, forte activité biologique.
- 20-60 cm : rouge orangé, pauciclude, porosité faible
- 60cm et plus: Horizon gravillonnaire.

Sol cultivé

- pellicule de battance épaisse et discontinue
- 0-10/15 cm : Horizon cultural : alternance horizontale de zones hétéroclodes à porosité très élevée et de zones améroides (tassements roues de tracteur) à porosité moyenne
- 10/15-30 cm : Amérode, porosité moyenne, puis faible
- 30cm et plus : Horizon gravillonnaire.

STATION BR-3

Sol naturel

- 0-8 cm : Humifère, gris, pauciclude, porosité élevée, nombreuses racines fines.
- 8-20 cm : moins humifère, gris rougeâtre, amérode, porosité moyenne à faible.
- 20 cm et plus: Horizon gravillonnaire induré en carapace.

Sol cultivé

- 0-15/20 cm : Horizon cultural gris rougeâtre, pauciclode, porosité moyenne à assez élevée, enracinement hétérogène, limite inférieure pédoculturale très nette et ondulée.
- 15/20 cm et plus : Horizon gravillonnaire induré en carapace .

STATION BR-4

Sol naturel

- 0-10 cm : Humifère, très humide, porosité très élevée, nombreuses racines.
- 10-20 cm : moins humifère, très humide, porosité élevée, grosses racines
- 20-40 cm : très humide, porosité très faible
- 40cm et plus : Horizon faiblement gravillonnaire.

Sol cultivé

- 0-8/15cm : Horizon cultural récent présentant des indentations en profondeur (raies de sous-solage).
Les zones les moins épaisses sont surmontées d'une pellicule de battance épaisse et continue ; elles sont pauciclodes avec une porosité assez élevée.
Les zones les plus épaisses, à pellicule de battance fine et discontinue, sont hétéroclodes ; leur porosité est élevée à très élevée.
Limite inférieure très nette avec auges de charrue à disques.
- 8/15-25 cm : Horizon cultural plus ancien, mélange de matériaux gris et rougeâtre, amérode, porosité très faible. C'est l'horizon le plus compact du profil.
- 25-40 cm : brun rougeâtre, anguclode, porosité faible.
- 40cm et plus : Horizon moyennement gravillonnaire.

STATION B0-5

Sol naturel

- 0-10 cm : Humifère, très humide, porosité très élevée.
- 10-20 cm : moins humifère, porosité élevée.
- 20-80 cm : quelques passées gravillonnaires, porosité moyenne.
- 80 cm et plus : Horizon moyennement gravillonnaire.

Sol cultivé

- 0-10 cm : Horizon de travail superficiel (pulvérisage) pauciclode et porosité assez élevée passant localement (raie de soussolage ?) à hétéroclode et porosité élevée. Limite inférieure culturale très nette avec lissages.
- 10-20 cm : Horizon de labour amérode à porosité moyenne passant localement (raie de sous solage ?) à hétéroclode et porosité très élevée. Semelle de labour très bien marquée avec lissages.
- 20cm et plus : Rougeâtre, amérode, porosité moyenne.

STATION BO-6

Sol naturel

- 0-10 cm : Humifère, gris, très humide, porosité élevée à très élevée; nombreuses racines fines ;
- 10-20 cm : moins humifère, brun rougeâtre, très humide, porosité élevée, nombreuses racines fines et moyennes ;
- 25cm et plus : Horizon fortement gravillonnaire.

Sol cultivé

- 0-10 cm : Horizon de travail superficiel (pulvérisage) très humide, porosité très élevée passant à élevée dans les zones tassées par les roues de tracteur. Limite culturale inférieure nette ;
- 10-20cm : Horizon de labour, très humide, porosité élevée, limite pédo-culturelle inférieure très nette.
- 20cm et plus : Horizon fortement gravillonnaire.

STATION BO-7

Sol naturel

- 0-8/10 cm : Humifère, très humide, porosité très élevée, très nombreuses racines fines ;
- 8/10-20 cm : moins humifère, très humide, porosité assez élevée à élevée, nombreuses racines moyennes ;
- 20-30cm : très humide, porosité assez élevée ;
- 30cm et plus : Horizon fortement gravillonnaire.

Sol cultivé microrelief bien marqué, les parties hautes correspondant aux lignes de riz.

- +5 - 10 cm : Horizon cultural épais de 5 à 15cm, très humide, porosité assez élevée à très élevée passant à moyenne dans les zones tassées par les roues de tracteur.
Limite inférieure très nette avec lissages.
- 10-22 cm : Horizon compact, très humide, à phase gravillonnaire, porosité moyenne.
- 22cm et plus : Horizon fortement gravillonnaire.

STATION BO-8

Sol naturel

- 0-10cm : Humifère, très humide, porosité très élevée, très nombreuses racines ;
- 10-20 cm : moins humifère, très humide, porosité élevée, grosses racines ;
- 20-60 cm : rouge orangé, quelques gravillons ;
- 60cm et plus : Horizon gravillonnaire.

Sol cultivé

- 0-10/15 cm : Horizon cultural, très humide, porosité très élevée, limite inférieure très nette avec lissages ;
- 10/15-30 cm : Horizon compact à porosité faible, remaniements localisée dûs au sous-solage de défri-
che à porosité moyenne.
- 30cm et plus : Horizon fortement gravillonnaire.

Traits morphologiques majeurs

Les descriptions précédentes, l'examen de la planche structure-porosité amènent un certain nombre de remarques :

1°) La présence à faible profondeur d'un niveau gravillonnaire, et ce quelle que soit la position topographique des sols, est un trait caractéristique du paysage pédologique de BOYAKRO. Ce niveau ne constitue pas en général un obstacle insurmontable au développement des racines.

2°) Les horizons humifères naturels présentent tous des porosités très élevées dans les 10 premiers cm, élevées dans les 10 cm suivants. L'activité biologique y est forte, la densité racinaire élevée. Une exception : le profil BR-3 de savane dégradée apparaît beaucoup plus compact.

3°) La limite inférieure de l'horizon humifère (20 cm) marque le plus souvent une discontinuité très nette en ce qui concerne la compacité. On passe alors soit à un horizon gravillonnaire soit à un horizon dit de consistance généralement amérode, plus rarement pauciclude, à porosité faible. Cette discontinuité constitue une contrainte sérieuse vis-à-vis de la mise en culture.

4°) A la partie supérieure des sols cultivés on note fréquemment la présence de pellicules de battance épaisses (1 cm et plus) qui, si elles ne sont pas détruites par des façons culturales appropriées, peuvent modifier considérablement le régime hydrique des sols.

5°) Les horizons culturaux si correspondent grosso modo aux horizons humifères naturels. L'incorporation de matériaux plus profonds, à la suite des opérations de défrichement, est extrêmement variable. D'une manière générale on peut distinguer deux sous-horizons très différenciés quant à leur morphologie et leur comportement :

a) un sous-horizon supérieur épais de 5 à 15 cm affecté par toutes les techniques culturales que ce soient les labours, les pulvérisages, les sarclages. Les organisations structurales que l'on y rencontre ont donc un caractère temporaire ; leur différenciation se fait essentiellement suivant un mode latéral : lignes de culture, tassements sous les roues de tracteur. Cette différenciation est souvent poussée, les traits morphostructuraux extrêmement contrastés, c'est ainsi que l'on observe souvent :

- des structures hétéroclodes avec des porosités élevées sous les lignes de culture,
- des structures amérodes avec des porosités faibles à moyennes dans les zones tassées par les roues de tracteur.

La limite inférieure, toujours nette, correspond fréquemment à une semelle de labour ou de pulvérisage.

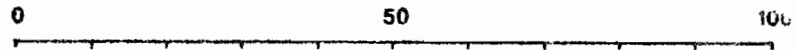
b) un sous-horizon inférieur épais de 10 à 15 cm. Créé lors de la défriche il n'est ensuite affecté que par les labours les plus profonds. La différenciation latérale est donc peu marquée, pratiquement limitée aux raies de sous-solage datant de la défriche. Le trait majeur de ce sous-horizon est sa compacité élevée.

Les structures y sont généralement amérodes, les porosités faibles. Cet horizon est parfois le plus compact du profil (BR-4). L'examen du profil BO-5 met en évidence un arrière effet favorable du sous-solage de défriche par création d'un milieu favorable aux techniques culturales ultérieures. L'enracinement des plantes cultivées est concentré dans le sous-horizon supérieur, en dehors des zones tassées. Le sous-horizon inférieur constitue un obstacle majeur à la pénétration racinaire.

Sous l'horizon cultural on retrouve des horizons gravillonnaires et de consistance identiques à leurs homologues naturels.

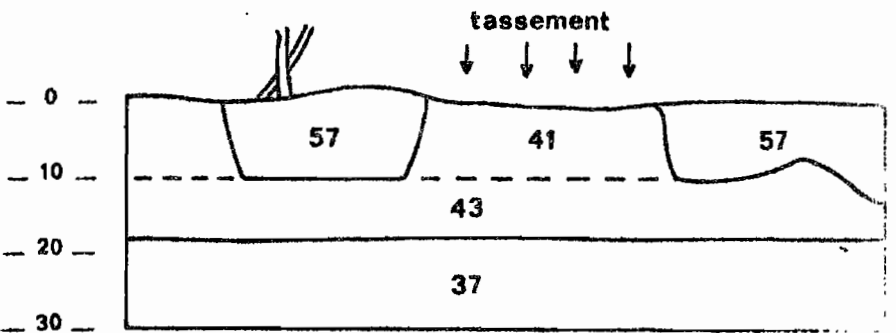
STRUCTURE — POROSITE

(porosité chiffrée en % par volume)



PROFILS BR-1

63
54
39

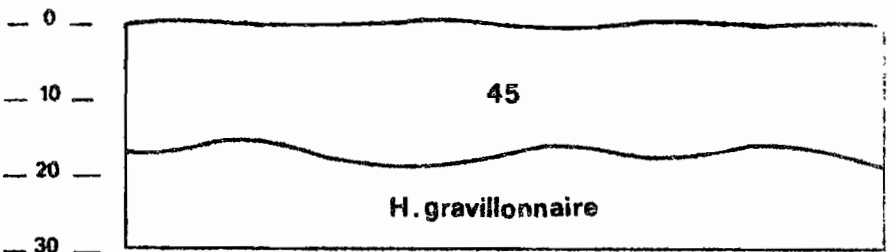


Recru forestier

2 ans culture — Coton

PROFILS BR-3

52
40
H. gravillonnaire

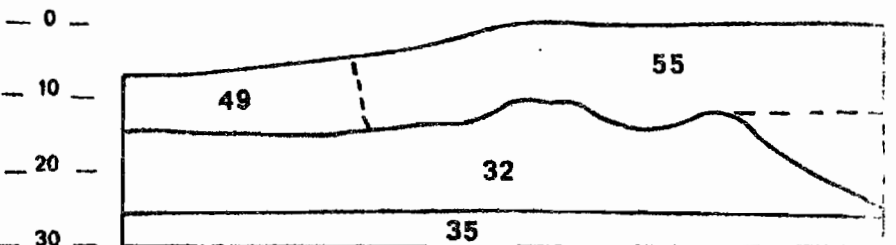


Savane

2 ans culture — Stylo 2

PROFILS BR-4

65
52
34



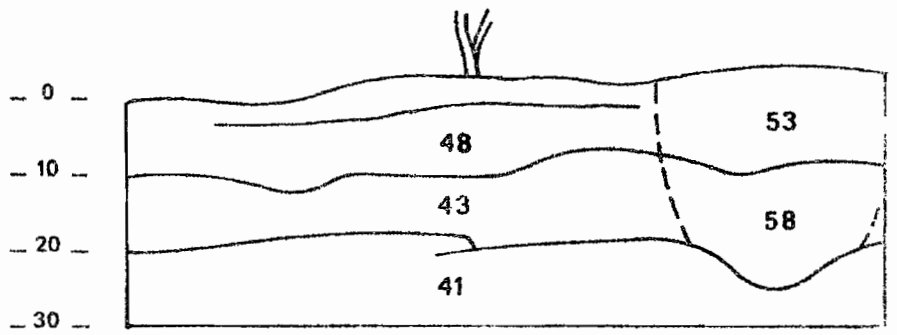
Recru forestier

2 ans culture — Igname

PROFILS BO-5

57
53
41

Savane

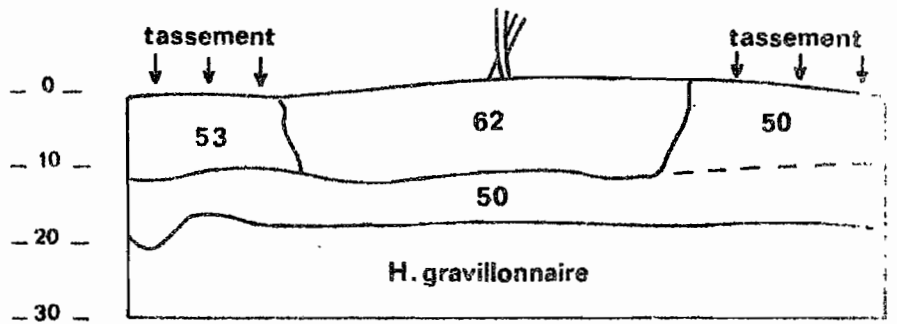


3 ans culture — Coton

PROFILS BO-6

55
54
H. gravillonnaire

Recru forestier



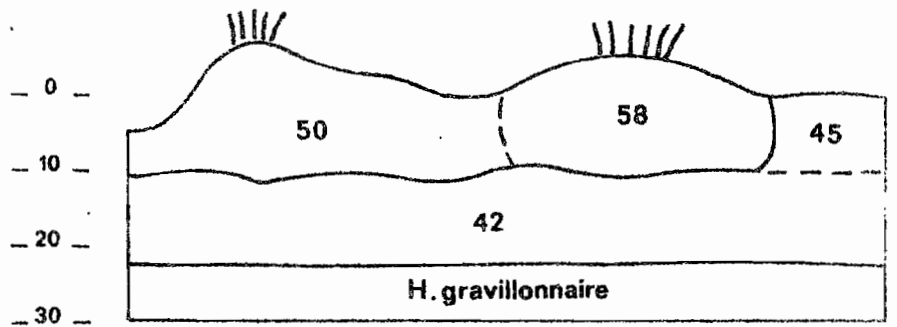
3 ans culture — Coton

PROFILS BO-7

56
50
47

H. gravillonnaire

Recru forestier

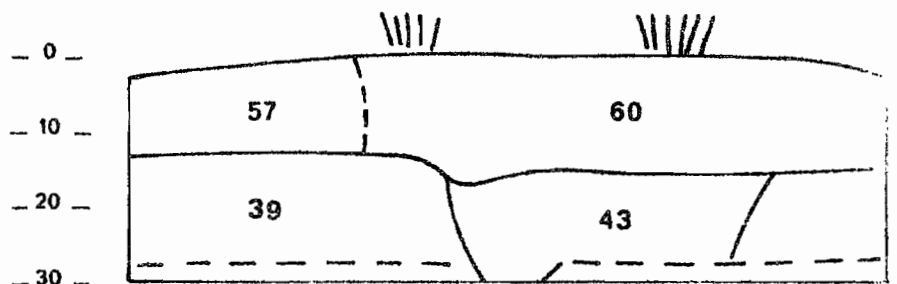


3 ans culture — Riz

PROFILS BO-8

62
51

Recru forestier



3 ans culture — Riz

STABILITE STRUCTURALE.

Nous avons évalué la stabilité des éléments structuraux vis-à-vis de l'eau au moyen du test de Hénin. Rappelons que ce test, effectué sur terre séchée à l'air et tamisée à 2 mm, comporte deux mesures :

a) La détermination des taux d'agrégats résistant à un tamisage sous l'eau après trois prétraitements (alcool, benzène, prétraitement nul). On en déduit un indice d'instabilité structurale I_s qui prend des valeurs d'autant plus élevées que la structure est moins stable.

b) La mesure de la vitesse de filtration K en cm/heure.

Ces deux indices I_s et K peuvent être utilisés séparément ou combinés de manière à fournir un indice global S qui prend des valeurs d'autant plus élevées que la structure est plus stable.

1°) Indices structuraux

Nous avons observé les valeurs suivantes dans les sols de BOYAKRO-BRIKRO :

Horizons naturels 0-10 cm

I_s compris entre 0,5 et 1,5	médiane 0,7
K compris entre 8,5 et 23,5	médiane 13,0
S compris entre 1,66 et 2,08	médiane 1,94

Horizons naturels 10-20 cm

I_s compris entre 0,5 et 3,9	médiane 2,5
K compris entre 2 et 13	médiane 4,5
S compris entre 1,26 et 1,98	médiane 1,49

Horizons culturaux

I_s compris entre 1,3 et 3,8	médiane 2,4
K compris entre 2,5 et 9,5	médiane 4,0
S compris entre 1,32 et 1,78	médiane 1,48.

La stabilité structurale des horizons naturels 0-10cm peut être considérée comme correcte. Elle décroît nettement quand on passe aux horizons 10-20 cm et aux horizons culturaux dont le comportement est très semblable. On note en particulier une baisse sensible du coefficient K , baisse que l'on peut mettre en relation avec la grande susceptibilité des sols cultivés aux phénomènes de battance.

L'instabilité structurale des horizons 10-20 cm est potentielle en ce qu'elle ne se manifeste guère dans le milieu naturel par suite des caractères favorables de l'environnement. Par contre elle s'exprime dès la mise en culture mécanisée en raison des conditions de milieu nettement plus agressives qui prévalent alors (exposition directe aux agents atmosphériques, contraintes mécaniques).

Hénin a montré que si l'on représente graphiquement les variations de $\log 10 K$ en fonction de $\log 10 I_s$ les points ont tendance à se grouper autour d'une droite d'équation :

$$3 \log 10 k + 2,5 \log 10 I_s - 7,5 = 0$$

Nous voyons (graphique N°2) que les horizons 10-20 cm et les horizons culturaux obéissent grosso modo à cette loi. La liaison $\log 10 K - \log 10 I_s$ est particulièrement étroite dans le cas des horizons culturaux (droite en tiretés). Par contre les horizons 0-10 cm présentent tous des vitesses de filtration élevées relativement indépendantes de I_s ce qui traduit une faible susceptibilité à la battance.

L'indice global S est corrélé de manière positive mais assez lâche avec les teneurs en carbone. Le comportement structural des horizons se différencie beaucoup plus nettement si l'on fait intervenir la richesse en éléments fins au moyen du rapport Carbone/Argile + limons fins ($C/A + 1f$). On constate alors (graphique n°1) que pour des valeurs de $C/A + 1f$ inférieures à 0,5-0,6 l'indice S croît rapidement, surtout dans le cas des horizons 10-20 cm. Pour des valeurs de $C/A + 1f$ supérieures à 0,5-0,6 l'indice S a tendance à se stabiliser ; les trois types d'horizons, dont les horizons 0-10 cm qu'on retrouve à ce niveau, se comportent alors de manière à peu près identique.

Des rapports $C/A + 1f$ supérieurs à 0,5-0,6 n'apportent donc, dans le cas des sols sur schistes de BOYAKRO, aucune amélioration supplémentaire de la stabilité structurale.

2°) Agrégats stables

Nous ne considérerons ici que des taux d'agrégats vrais obtenus après élimination des sables grossiers.

a) Agrégats Benzène Ag B

Le prétraitement benzène, très agressif, a pour effet de trier parmi les agrégats du sol ceux qui présentent une teneur en matière organique supérieure à un certain seuil.

Horizons 0-10 cm	Ag B = 6,7 % en moyenne
Horizons 10-20 cm	Ag B = 3,9 % "
Horizons culturaux	Ag B = 4,4 % "

Ces valeurs sont très faibles, quel que soit le type d'horizon ; elles conduisent à penser que la matière organique est assez peu liée à la matière minérale. On n'observe d'ailleurs aucune liaison significative entre Ag B et les taux de carbone total ou de matières humiques totales ni avec les divers paramètres caractéristiques de la matière organique.

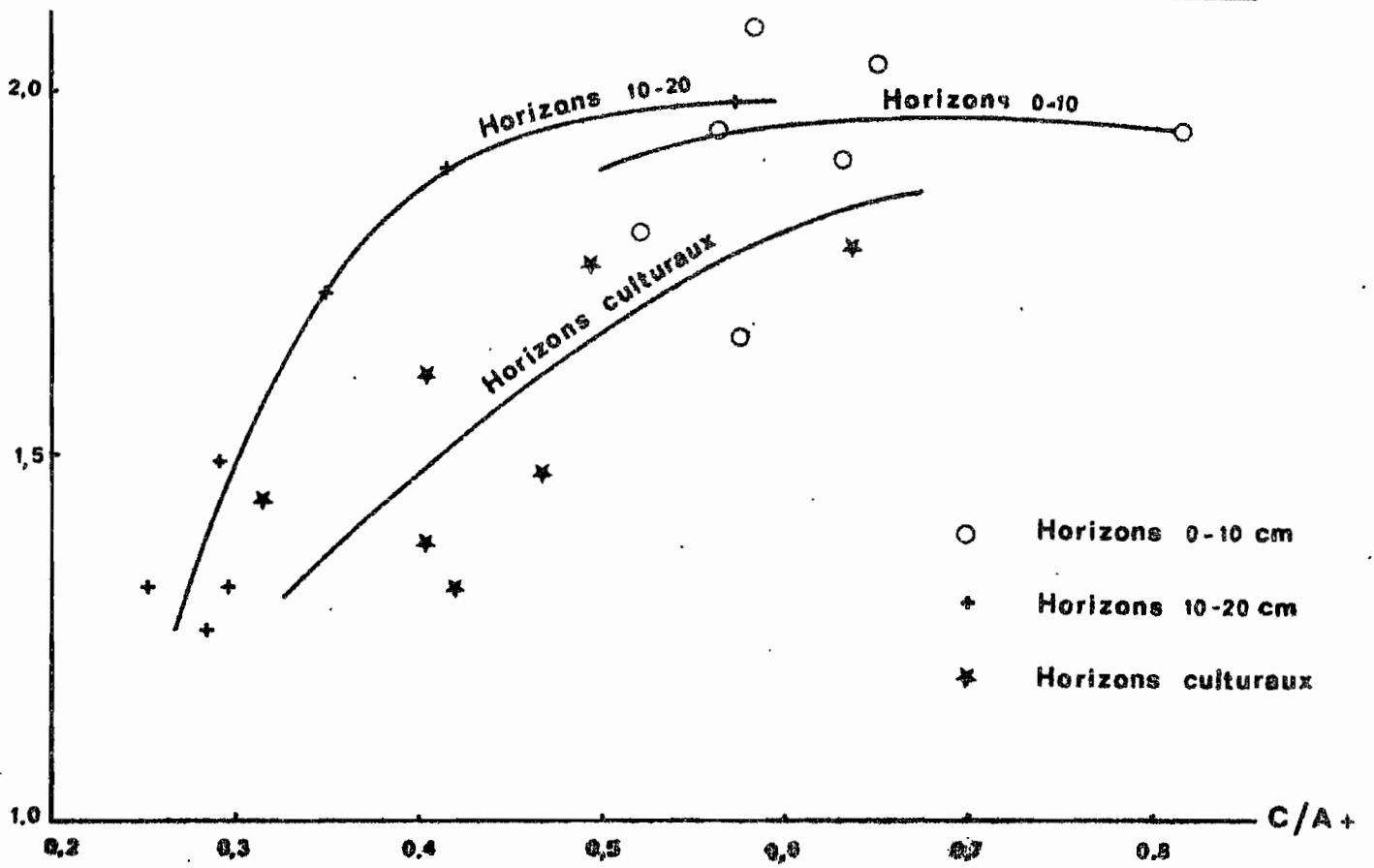
b) Agrégats Eau Ag E

Il s'agit là du traitement de référence

Horizons 0-10 cm	Ag E = 16,0 % en moyenne
Horizons 10-20 cm	Ag E = 9,6 % "
Horizons culturaux	Ag E = 8,4 % "

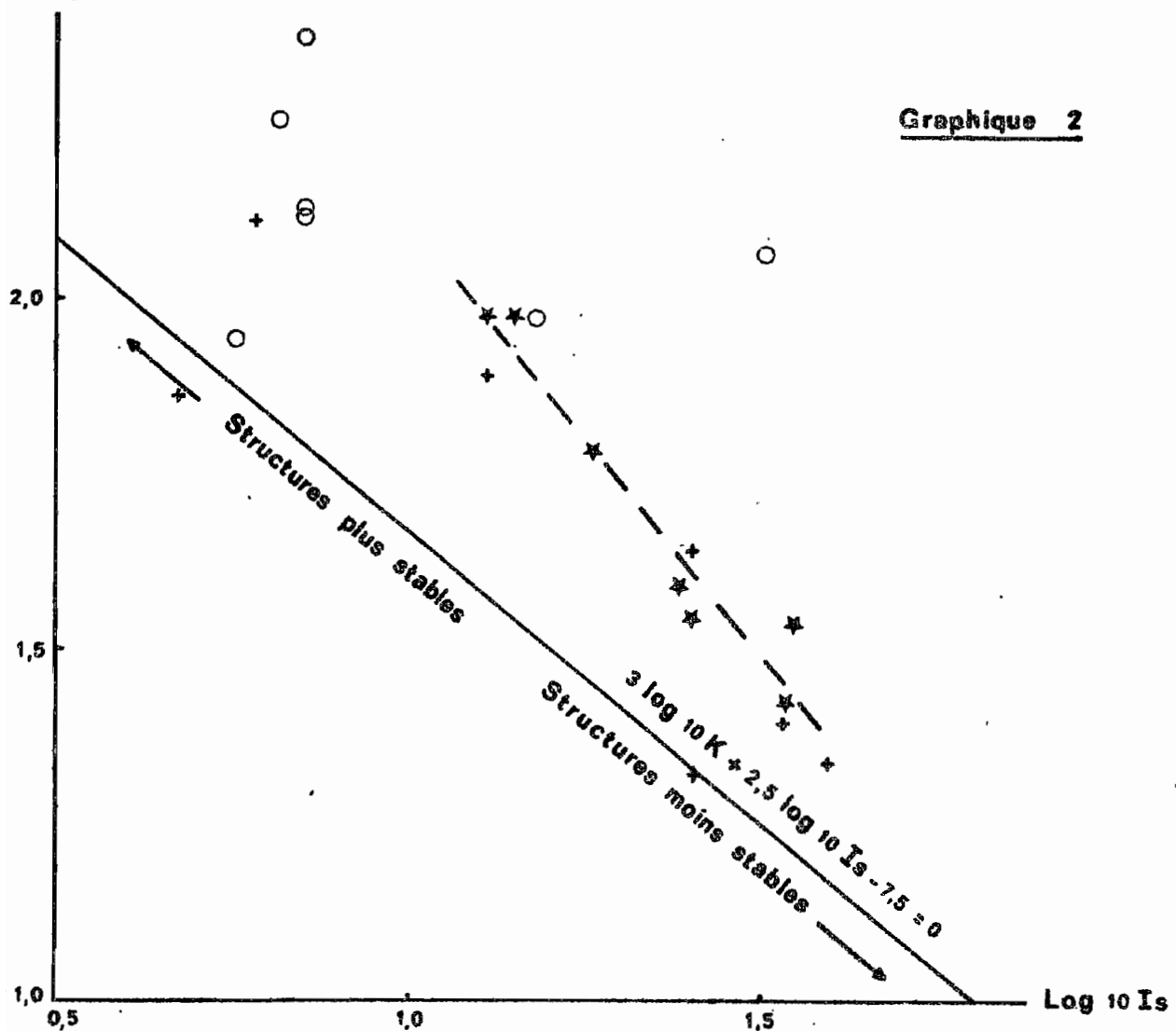
Les horizons 10-20 cm et culturaux, dont le comportement est là encore très semblable, fournissent nettement moins d'agrégats stables que les horizons 0-10 cm.

On n'observe aucune relation entre Ag E et la richesse en éléments fins ; une liaison positive très lâche existe entre Ag E et le carbone total, entre Ag E et les matières humiques totales.

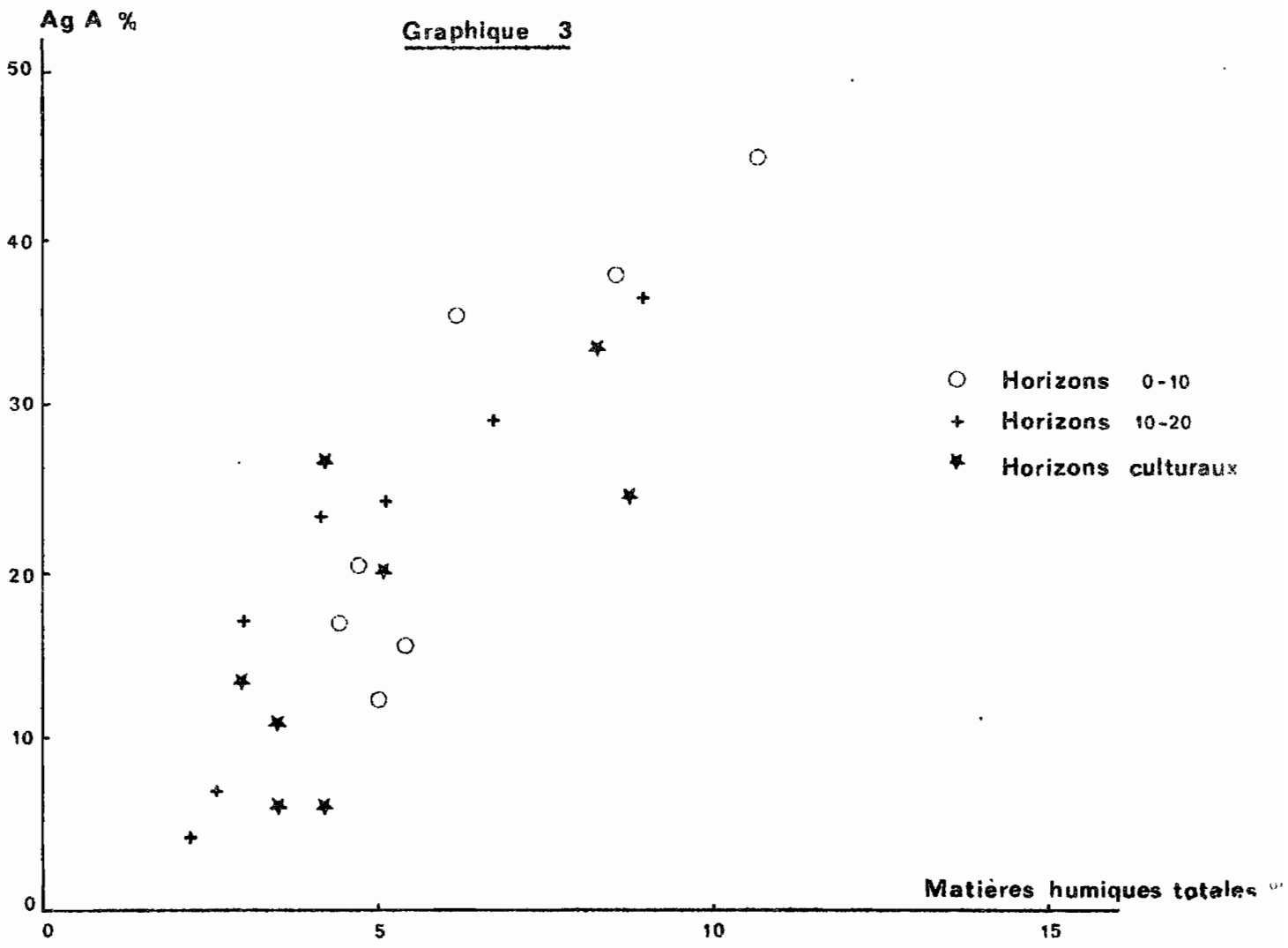


Log 10 K

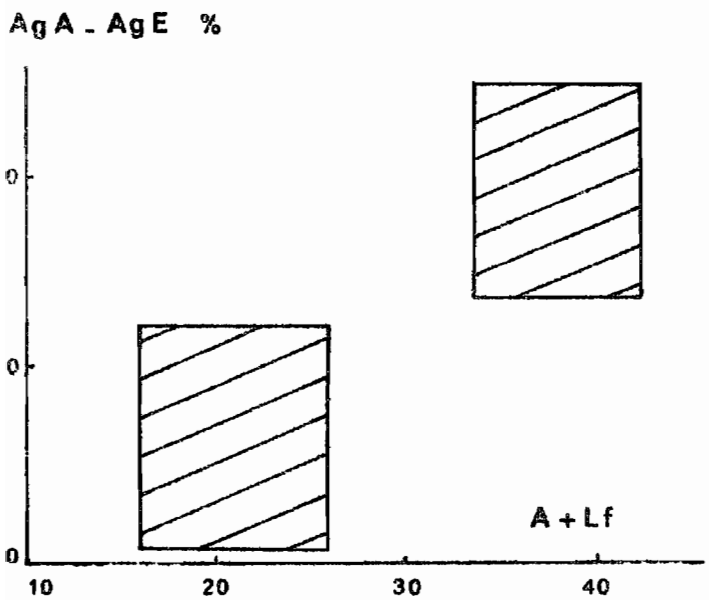
Graphique 2



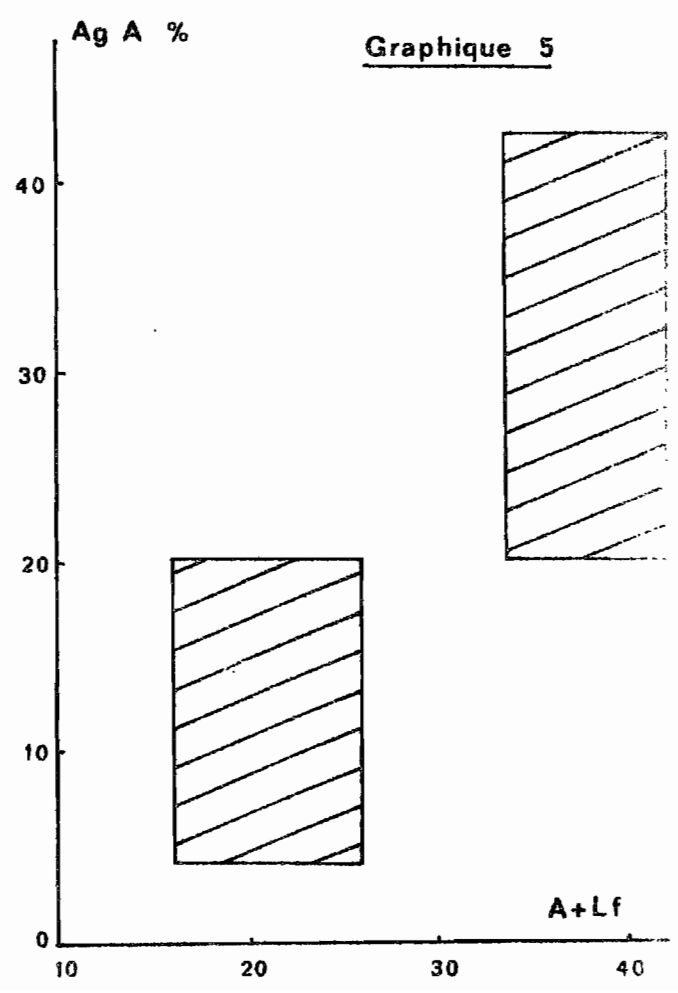
Graphique 3



Graphique 4



Graphique 5



c) Agrégats Alcool Ag A

Le prétraitement alcool atténue l'action de l'eau en limitant les phénomènes d'éclatement qui se produisent lors d'une humectation brutale. Il permet de mettre en évidence la cohésion propre des éléments structuraux.

Horizons 0-10 cm	: Ag A = 26,2 % en moyenne
Horizons 10-20 cm	: Ag A = 20,1 % "
Horizons culturaux	: Ag A = 18,3 % "

Si l'on représente graphiquement les variations de Ag A en fonction de la somme A + lf on obtient deux nuages de points bien différenciés (graphique n°5) :

- . pour des teneurs A + lf inférieures à 30 % Ag A est inférieur à 20 %
- . pour des teneurs A + lf supérieures à 30 % Ag A est supérieur à 20 %.

On observe une relation positive nette entre Ag A et les teneurs en carbone total et en matières humiques totales MHT (graphique n°3). Cela rend compte au moins partiellement des différences observées dans les taux d'Ag A entre les horizons 0-10cm d'une part, les horizons 10-20 cm et culturaux d'autre part.

La différence Ag A - Ag E rend compte du rôle plus ou moins important que joue le phénomène d'éclatement dans la destruction des éléments structuraux soumis à une humectation brutale. On retrouve là encore le seuil A + lf = 30 % séparant les matériaux en deux groupes bien distincts :

- Ag A - Ag E est inférieur à 12 % pour A + lf inférieur à 30 %
- Ag A - Ag E est supérieur à 12 % pour A + lf supérieur à 30 %.

Il semble en définitive que la stabilité structurale des horizons étudiés dépend essentiellement de la cohésion propre des éléments structuraux. Cette cohésion est fonction croissante de la richesse en carbone et plus particulièrement en matières humiques totales. Elle est plus élevée pour les matériaux à teneurs en Argile + limons fins supérieures à 30%.

Limites d'Atterberg et travail du sol.

1°) Les données.

La limite de liquidité LL est l'humidité caractéristique séparant le domaine liquide où le sol n'a qu'une cohésion très faible et s'écoule en boue du domaine plastique où le sol est susceptible de se déformer sans se rompre. Elle est ici comprise entre 19 % et 31,8 % avec une valeur médiane de 25,4 %.

La limite de plasticité LP limite le domaine plastique et le domaine cohérent où le sol n'est pas déformable et se rompt sous l'effet d'une contrainte mécanique. Elle est ici comprise entre 16,0 % et 25,8 % avec une valeur médiane de 20,0 %.

L'indice de plasticité $I_p = LL - LP$ représente l'étendue du domaine plastique. Il est ici compris entre 0 et 8,1 avec une valeur médiane de 5,1.

La marge de liquidité représente la différence entre la limite de liquidité et la capacité au champ. Elle permet d'évaluer les risques de "gâchage" du sol lorsqu'il est travaillé à des humidités voisines de la capacité au champ. Elle est ici comprise entre 2,4 % et 9,5 % avec une valeur médiane de 6 %.

La capacité au champ cc correspond à la somme eau de gravité à écoulement lent + eau retenue par le sol ressuyé dans les pores fins. Ne disposant pas de mesures directes de ce paramètre nous avons tenté de l'estimer à partir des relations qui le lient à d'autres caractéristiques du sol. Nous avons utilisé les deux relations suivantes :

Combeau et Quantin : $pF_{cc} = 0,038 A + 1f + 1,5$

Domcette : humidité $cc = 0,5$ humidité à $pF_3 + 12$

La capacité au champ est alors estimée par la moyenne arithmétique des deux valeurs ainsi obtenues.

2°) Influence de la texture

La richesse en éléments fins intervient étroitement sur ces diverses caractéristiques.

Dans la gamme texturale envisagée ici ($A + 1f$ compris entre 15 % et 42 %) la richesse en éléments fins exerce une influence positive sur la limite de liquidité suivant une loi à tendance exponentielle (graphique n°8). L'action sur la limite de plasticité est sensiblement identique pour les teneurs en $A + 1f$ inférieures à 35 %, elle est ensuite plus marquée.

La marge de liquidité, pratiquement constante pour des teneurs en $A + 1f$ inférieures à 25-30 % croît ensuite régulièrement avec la richesse en éléments fins (graphique n°9).

L'indice de plasticité passe par un maximum pour $A + 1f$ égal à 30-35 % pour décroître ensuite. Il s'annule pour des teneurs en $A + 1f$ voisines de 15 % (graphique n°7).

3°) Influence de la matière organique

Cette influence est beaucoup moins nette que celle de la richesse en éléments fins ; nous ne pourrions guère dégager que des tendances.

Pour des teneurs en Carbone total comprises entre 5 et 15-20 %. l'influence positive de la matière organique est assez nette sur la limite de liquidité et la marge de liquidité, beaucoup moins nette sur la limite de plasticité et très faible sur l'indice de plasticité.

Au delà de 15-20 % il semble, mais là nous sortons de la gamme des sols de BOYAKRO, que cette influence du Carbone diminue considérablement.

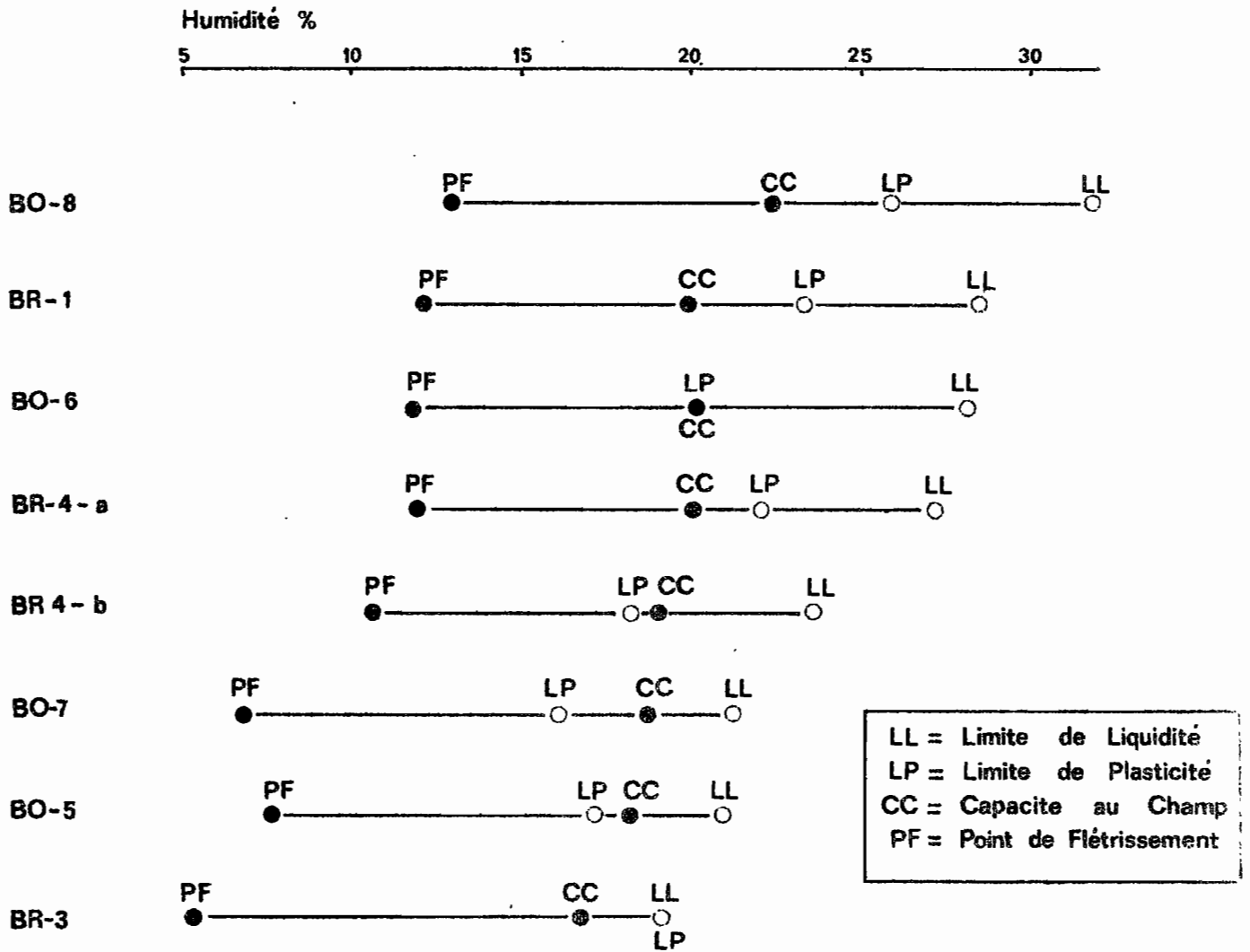
4°) Limites d'Atterberg et travail du sol.

Un sol sera facile à travailler dans une large gamme d'humidités lorsque la capacité au champ se situera un peu au-dessus de la limite de plasticité avec une marge de liquidité importante.

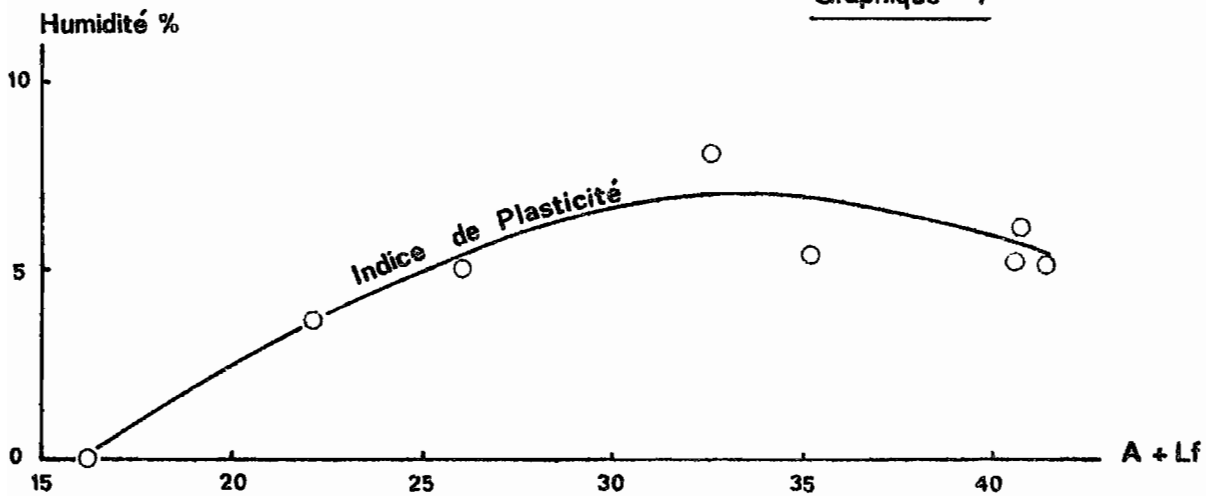
Il y aura des risques de gâchage lorsque la marge de liquidité sera faible c'est-à-dire lorsque la capacité au champ sera proche de la limite de liquidité.

Limites d'Atterberg

Graphique 6

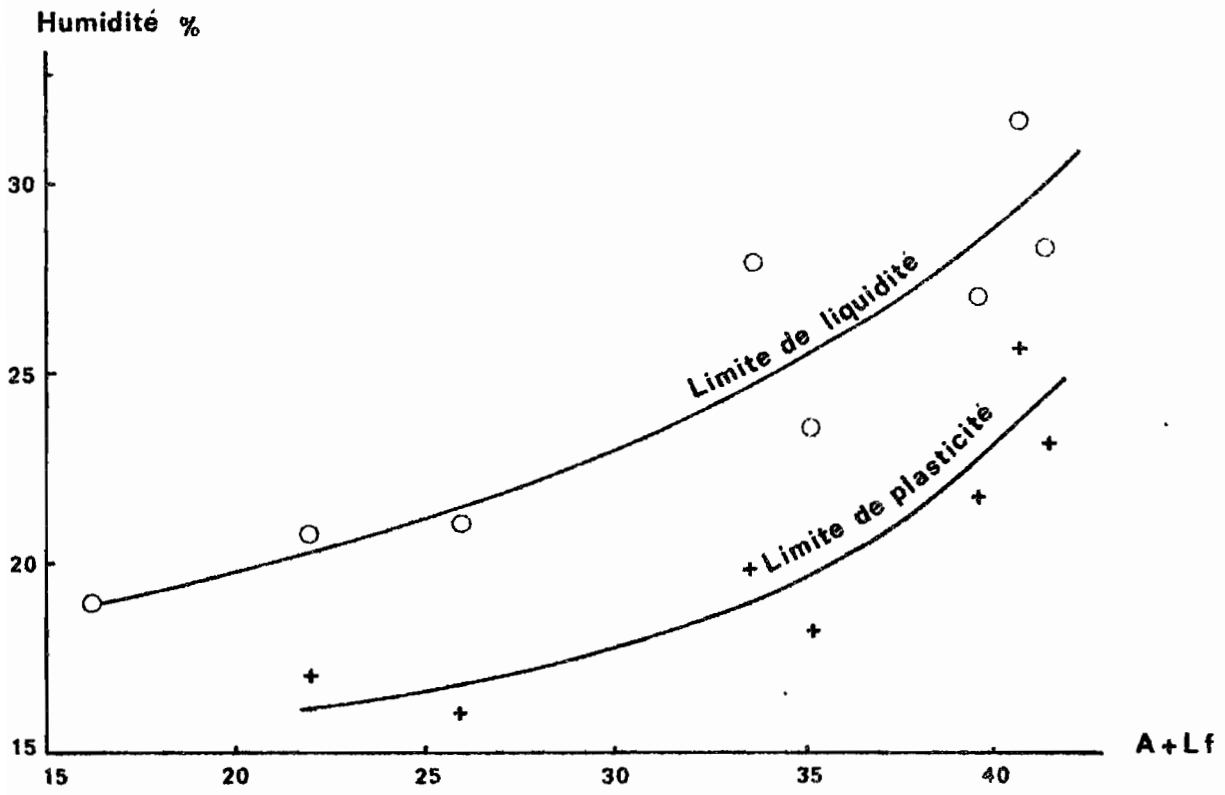


Graphique 7

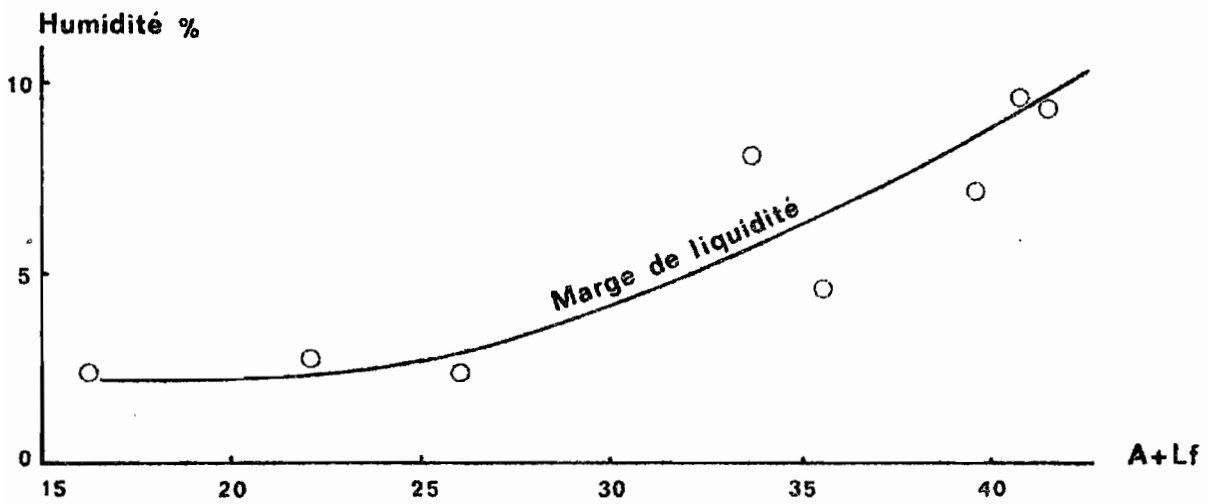


Limites d'Atterberg

Graphique 8



Graphique 9



Le travail pourra également être plus difficile lorsque la capacité au champ se situera en dessous de la limite de plasticité, c'est-à-dire dans le domaine cohérent.

Sur le graphique n°8 nous avons, pour chaque horizon cultural, situé les positions relatives des principales humidités caractéristiques : limite de liquidité, limite de plasticité, capacité au champ, point de flétrissement.

a) Sols à A + lf voisin de 15 %. BR-3.

Ce sont des sols non plastiques qui tendent à se comporter comme des milieux rigides avec prédominance des phénomènes de tassement sous l'effet des contraintes mécaniques. Ils sont peu représentés sur l'ensemble du terroir.

b) Sols à A + lf voisin de 20-25 %. BO-5, BO-7.

En raison d'une faible marge de liquidité ces sols devront être travaillés en conditions ressuyées. Les risques de tassement seront alors en principe faibles puisque la capacité au champ se situe à l'intérieur du domaine plastique.

c) Sols à A + lf voisin de 30-35 %. BR-4b, BO-6.

Ce sont à priori les sols les plus faciles à travailler puisqu'ils possèdent un indice de plasticité maximum dans la gamme locale, une marge de liquidité suffisamment grande pour réduire les risques de gâchage et qu'en outre la capacité au champ se situe dans le domaine plastique très près de la limite de plasticité.

d) Sols à A + lf voisin de 40 %. BO-8, BR-1, BR-4a.

L'indice de plasticité tend à décroître avec la richesse en éléments fins. La marge de liquidité est importante, la capacité au champ se situe dans le domaine cohérent. Il sera donc sans doute préférable pour, d'une part diminuer les risques de tassement, d'autre part obtenir des éléments structuraux suffisamment fins, de travailler ces sols en conditions non ressuyées, un peu au-dessus de la limite de plasticité.

Richesse organique et minérale.

1°) Valeurs médianes

	Horizons naturels 0-10 cm	Horizons naturels 10-20 cm	Horizons culturaux
A+lf %	24,8	23,9	33,6
C %	14,3	10,7	10,9
N %	1,66	1,36	1,22
T mé	8,5	7,4	7,7
S mé	9,4	5,9	10,5
P %	0,59	0,56	0,45
K mé	0,41	0,17	0,56
pH	6,9	6,7	7,3
C/N	8,7	9,8	8,9
S/T %	> 100	95	> 100

Ces valeurs médianes donnent une image centrale des caractères des sols naturels et de leur évolution après défrichement et mise en culture :

- Les deux horizons supérieurs des sols naturels présentent des textures identiques. On observe une baisse rapide avec la profondeur des taux de carbone et de bases échangeables - notamment du Potassium - Azote et capacité d'échange baissent légèrement, Phosphore et pH ne varient pas.

- Après mise en culture la richesse en éléments fins augmente tandis que Carbone et capacité d'échange restent du même ordre de grandeur que dans les horizons 10-20 cm. On enregistre une baisse légère de l'Azote, plus sensible du phosphore. Par contre la richesse en bases échangeables augmente ainsi que le pH.

2°) Paramètres indicateurs.

Ainsi que nous l'avons fait à Béoumi nous comparerons la richesse organique et minérale des différents horizons au moyen de six paramètres indicateurs, à savoir : Argile + limons fins, Carbone total, Azote total, Capacité d'échange, Somme des bases échangeables, Phosphore total (A+lf, C, N, T, S, P).

Nous avons calculé les coefficients de corrélation de rangs de KENDALL liant ces 6 paramètres entre eux :

Horizons naturels 0-10cm

n = 7

R 0,001 = 0,94 ++++
 R 0,005 = 0,82 +++
 R 0,010 = 0,76 ++
 R 0,050 = 0,57 +
 NS

	A+lf	C	N	T	S
P	NS	NS	NS	+	NS
S	+	++	+	+	
T	+++	+	++		
N	+	++			
C	+				

Horizons naturels 10-20 cm

	A+lf	C	N	T	S
P	+	NS	+++	NS	NS
S	+	NS	+	+	
T	+++	+	+		
N	++	+			
C	NS				

Horizons cultureux

	A+lf	C	N	T	S
P	NS	+++	+	+	NS
S	++	NS	+	++	
T	++	+	++		
N	+	+++			
C	NS				

De l'examen de ces tableaux de corrélation il ressort que :

- La corrélation A + lf - C, faible dans les horizons 0-10, perd tout degré de signification dans les horizons 10-20 et cultureux. Cela semble bien confirmer le peu de liaison existant entre matière organique et matière minérale.
- Les variations de T suivent étroitement celles de A+lf ; le rôle de la matière organique est beaucoup plus limité.
- La corrélation S-C, assez étroite dans les horizons 0-10, perd toute signification dans les horizons 10-20 et cultureux. Sous cultures les variations de S sont en bon accord avec celles de A + lf et T.
- P est mieux corrélé avec les autres paramètres indicateurs en milieu cultivé que dans le milieu naturel.

Les coefficients de concordance de KENDALL permettent d'évaluer l'accord ou le désaccord existant entre les classements des divers paramètres. Ces coefficients varient entre 0 (désaccord total) et 1 (accord total). Ils sont ici les suivants =

	5 paramètres					6 paramètres					
	C	N	T	S	P	C	N	T	S	P	A+lf
Horizons naturels 0-10cm					0,768						0,787
Horizons naturels 10-20cm					0,773						0,777
Horizons cultureux					0,885						0,853

L'accord très satisfaisant confirme l'aptitude de ces six paramètres à fournir un diagnostic global sur la richesse organique et minérale des sols.

On peut faire deux remarques :

- L'adjonction de A+lf améliore la concordance dans les horizons 0-10, la péjore dans les horizons cultureux.

- La concordance est meilleure dans les horizons cultureux que dans les horizons naturels.

On est donc amené à penser que le système agricole mis en place à BOYAKRO-BRIKRO a nettement amélioré l'équilibre existant entre les 5 paramètres C, N, T, S, P, cet équilibre étant en outre moins dépendant de la texture que dans le milieu naturel.

3°) Différenciation entre stations.

Une estimation de la différenciation entre stations quant à leur richesse organique et minérale apporte des renseignements sur l'hétérogénéité du milieu.

Un simple classement ne suffit pas à rendre compte de cette différenciation qu'il faut pouvoir chiffrer en calculant par exemple des "distances" entre sols. Nous avons donc établi, pour chacun des sols (0-20 cm pour les sols naturels, horizons cultureux pour les sols cultivés) un indice global de différenciation C N T S P A+lf par rapport à un terme de référence. Cet indice est établi, pour un sol donné, à partir des écarts à la moyenne de chacun des paramètres ; un terme correctif permet de tenir compte des dispersions différentes des différents paramètres.

Pour N sols et K paramètres l'indice de différenciation du sol i est :

$$I_i = \frac{100}{K} \sum_j \frac{X_{ij} - \bar{X}_j}{D_j} \quad \text{avec} \quad \bar{X}_j = \frac{\sum_i X_{ij}}{N}$$

$$\text{et} \quad D_j = X_{Nj} - X_{1j}$$

X_{ij} est la valeur observée du j^è paramètre pour le i^è sol

\bar{X}_j est la valeur moyenne du j^è paramètre prise comme référence

Le terme correctif D_j est l'étendue de la variation du j^è paramètre c'est-à-dire l'écart observé entre les valeurs extrêmes.

A noter que ces indices de différenciation peuvent être positifs ou négatifs.

On peut alors effectuer le classement suivant en allant des sols les plus riches vers les plus pauvres :

Sol	Naturel	Cultivé	Indice de différenciation	A+lf
BO 6		x	+ 46,5	Sup. à 30%
BR 1		x	+ 37,6	
BO 8		x	+ 32,6	
BO 8	x		+ 25,1	
BR 4	x		+ 20,4	
BR 1	x		+ 18,0	
BR 4		x	- 6,2	Inf. à 30%
BO 5	x		- 8,2	
BO 6	x		- 13,6	
BO 7		x	- 19,7	
BO 5		x	- 25,2	
BR 3	x		- 28,7	
BO 7	x		- 34,5	
BR 3		x	- 43,6	

Les indices de différenciation nous permettent de séparer les sols étudiés en deux groupes bien distincts (graphique n°10), distinction qui nous paraît essentiellement fondée sur les propriétés texturales :

- groupe des sols les plus riches : A+lf sup. à 30 %
- groupe des sols les moins riches : A+lf inf. à 30 %

Il n'y a d'ailleurs pas seulement séparation en deux groupes de sols mais aussi une corrélation très nette entre les indices de différenciation et la richesse en éléments fins (graphique n°12).

Ces résultats donnent à penser que la mise en culture ne modifie le niveau organo-minéral des sols naturels que dans la mesure où elle modifie également leurs caractères de texture. Autrement dit il n'y a pas divergence entre les comportements des sols naturels et des sols cultivés.

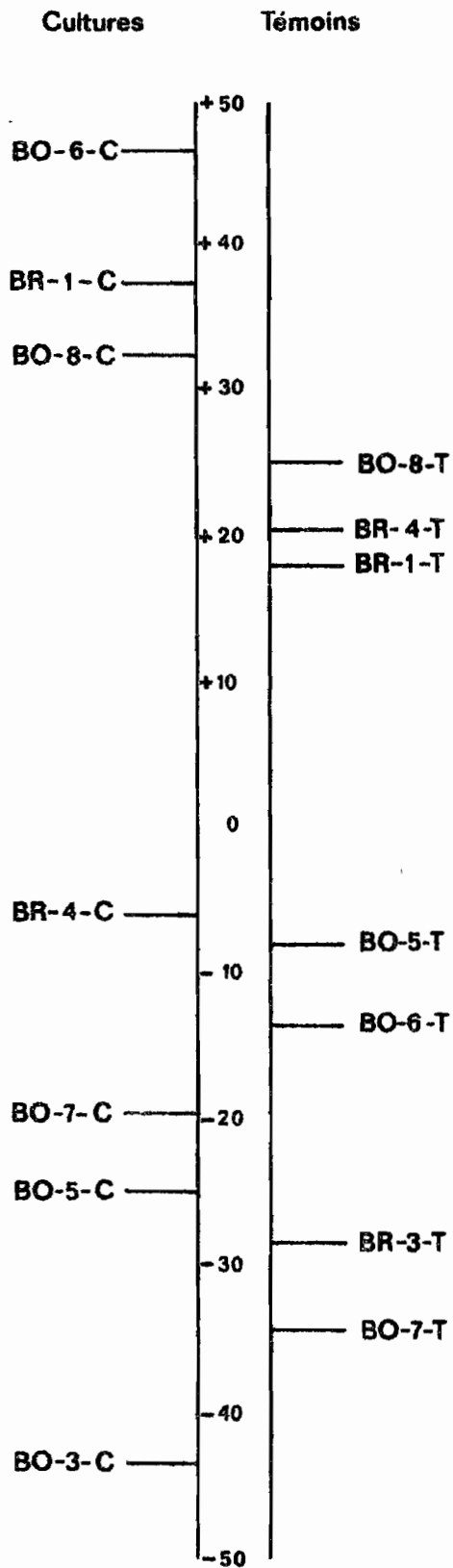
4°) Comparaison Sols naturels - Sols cultivés.

L'appariement milieu naturel - milieu cultivé permet de comparer, pour chaque station, les paramètres indicateurs des horizons cultureux à leurs homologues naturels (horizons 0-20 cm) et d'établir des indices de variation calculés de la manière suivante :

$$\text{Indice de variation} = \frac{\text{Paramètre cultural}}{\text{Paramètre naturel}} \times 100$$

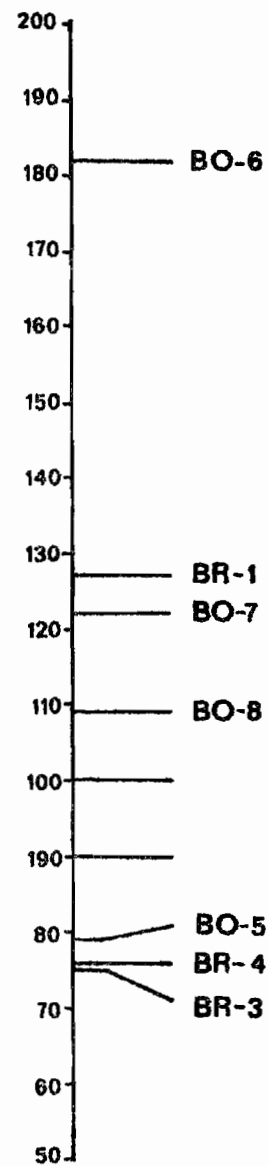
Graphique 10

Indices de différenciation



Graphique 11

Indices de variation globaux



Le comportement de chacune des stations est synthétisé par un indice global de variation égal à la moyenne arithmétique des indices correspondant aux 6 paramètres indicateurs.

Station	A+Lf	C	N	T	P	S	Indice global
BO-6	139	204	205	156	196	195	182
BR-1	108	100	93	121	146	196	127
BO-7	156	119	117	130	94	115	122
BO-8	100	105	94	99	98	160	109
BO-5	93	77	64	84	65	90	79
BR-4	99	51	53	82	81	88	76
BR-3	80	77	69	79	79	68	75

Si l'on considère les indices globaux de variation les stations se répartissent en trois groupes bien distincts (graphique n° 11) :

- La station BO-6 voit sa richesse organique et minérale augmenter considérablement après mise en culture ;

- Stations BR-1, BO-7, BO-8 : effet favorable de la mise en culture, mais beaucoup moins marqué ;

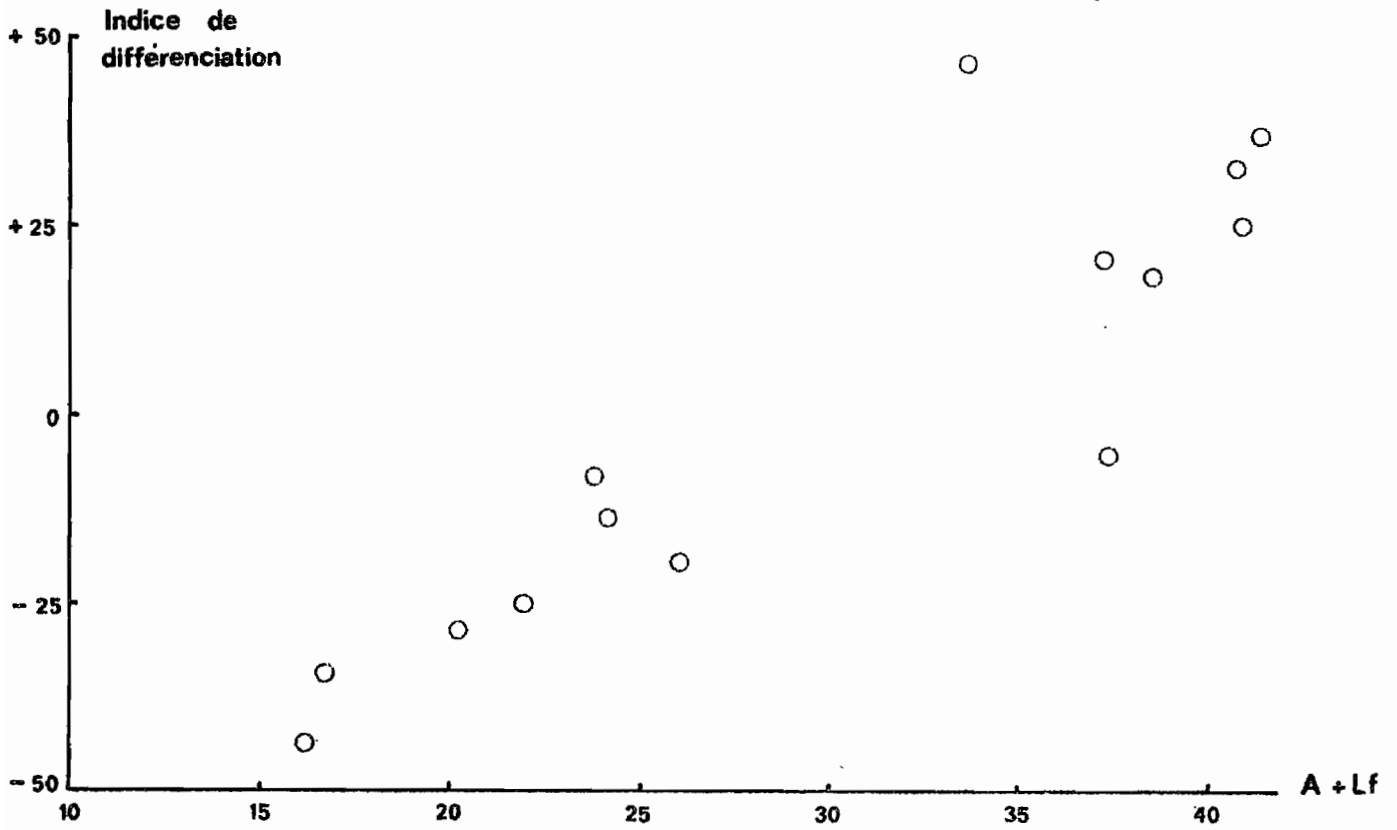
- Les stations BO-5, BR-4, BR-3 enfin, très regroupées, subissent une péjoration (20 à 25%) de leurs caractéristiques organo-minérales par rapport au milieu naturel.

Il est intéressant de savoir quels sont, au sein d'une station donnée, les paramètres qui subissent les plus grandes variations du fait de la mise en culture. Pour cela nous simplifierons le tableau précédent au moyen de la représentation suivante :

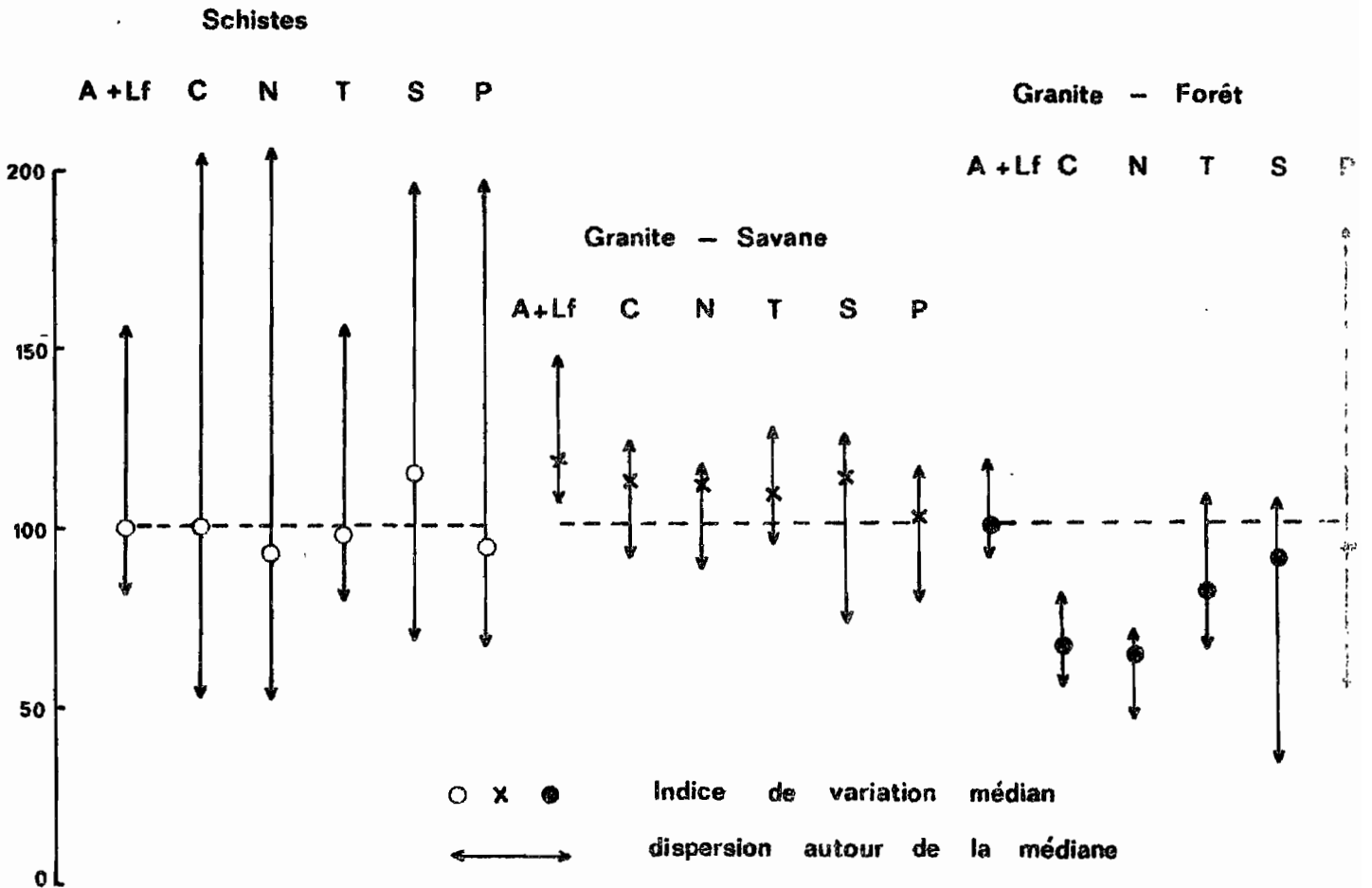
Indices sup. à 200	=	+++	Indices 90-110	=
" 150 - 200	=	++	" 66-90	=
" 110 - 150	=	+	" 50-66	=

Station	A+Lf	C	N	T	P	S	I.global
BO-6	+	+++	+++	++	++	++	++
BR-1	=	=	=	+	+	++	+
BO-7	++	+	+	+	=	+	+
BO-8	=	=	=	=	=	++	=
BO-5	=	-	--	-	--	=	-
BR-4	=	--	--	-	-	-	-
BR-3	-	-	-	-	-	-	-

Graphique 12



Graphique 13



A l'aide de cette représentation nous voyons tout de suite que par exemple :

- BO-6 l'amélioration intéresse surtout C et N
- BR-1 l'amélioration n'intéresse que la richesse minérale
- BR-4 la péjoration touche surtout C et N ... etc.

5°) Comparaison Schistes - Granites.

Sur le graphique n°13 nous avons représenté, pour chacun des paramètres indicateurs, l'indice de variation médian ainsi que la dispersion des indices de part et d'autre de cette valeur médiane. Trois situations différentes sont comparées : schistes, granite défriche de savane, granite défriche de recru forestier.

- Sur granite les horizons supérieurs forestiers subissent tous, après mise en culture, une chute importante et rapide de leur potentiel de fertilité, surtout sensible en ce qui concerne la matière organique.

- Les horizons culturaux de savane sur granite voient par contre leur richesse organique et minérale s'améliorer légèrement par rapport à leurs homologues naturels.

- Sur schistes les comportements sont beaucoup plus diversifiés ainsi que le montre la dispersion des indices de variation. Si l'on s'en tient aux indices médians les horizons culturaux présentent des propriétés très peu différentes de leurs homologues naturels. A noter cependant une amélioration sensible de la richesse en bases échangeables.

Dans le tableau suivant nous avons tenté d'estimer les variations réelles de la richesse organique et minérale compte tenu de l'épaisseur des horizons et de leur densité apparente. Les résultats sont exprimés en poids d'éléments par mètre carré. Nous avons retenu ici les valeurs médianes.

Valeurs médianes	Schistes		Granite-Recru		Granite-Savane	
	Témoins	Cultures	Témoins	Cultures	Témoins	Cultures
Matière organique Kg/m ²	5,3	4,5	8,9	6,3	4,2	3,9
Azote g/m ²	310	300	360	230	170	150
Ca + Mg éch. g/m ²	290	400	300	210	120	130
K éch. g/m ²	26	43	24	18	11	12
P. total g/m ²	125	120	100	145	85	75

Ces chiffres doivent être considérés avec prudence car il ne s'agit que de valeurs médianes. On peut néanmoins penser que :

- La mise en culture ne modifie pratiquement pas la richesse (ou plutôt la pauvreté) organique et minérale des horizons formés sur granite et sous savane.

- Les horizons forestiers sur granite s'avèrent les plus riches en matière organique et en azote ; cette richesse baisse fortement à la suite de la mise en culture ; les bases échangeables baissent également mais de manière beaucoup moins marquée, le phosphore augmente.

- Les sols sur schistes sont moins bien pourvus en matière organique et en azote que les sols forestiers sur granite ; leur richesse minérale est du même ordre de grandeur. Après deux à trois ans de culture les caractéristiques organiques ne sont que fort peu modifiées ; par contre la richesse minérale augmente nettement par rapport à celle des horizons naturels.

Si l'on tente de traduire cela en tendances évolutives on peut admettre que, sur granites, la mise en culture tend à homogénéiser le milieu mais en procédant à un nivellement par le bas. Sur schistes il y a maintien ou amélioration des propriétés par rapport à un milieu naturel déjà bien pourvu.

Conclusions.

Il est commode, pour synthétiser les résultats obtenus, de les traduire en termes de contraintes pédologiques et d'éléments favorables. On peut distinguer deux groupes de contraintes :

- les contraintes héritées du milieu naturel, c'est à dire préexistantes à la mise en culture,

- les contraintes créées ; souvent liées à certaines propriétés des sols elles ne s'expriment que sous l'effet de la mise en culture.

1°) Les contraintes héritées

- a) Présence constante d'un horizon gravillonnaire à moins de deux mètres de profondeur. La cartographie pédologique à grande échelle permet alors d'éliminer les sols les moins favorables.
- b) Individualisation fréquente sous l'horizon humifère (soit à 20 cm de profondeur) d'un horizon massif à porosité réduite. Cet horizon, dit de consistance, constitue une contrainte sérieuse vis-à-vis de la mise en culture.
- c) Instabilité structurale potentielle des horizons 10-20cm.
- d) Faiblesse des liaisons entre matière organique et matière minérale.
- e) Concentration relative de la richesse organique et minérale dans les dix centimètres superficiels particulièrement vulnérables lors des opérations de défrichement.
- f) Hétérogénéité assez marquée du milieu pédologique quant à sa richesse organique et minérale.

2°) Les contraintes créées

- a) Formation fréquente de pellicules de battance épaisses ; cette contrainte est liée à la faible stabilité hydrique des éléments structuraux.
- b) Forte hétérogénéité structurale au sein du sous-horizon cultural supérieur, grande importance des tassements sous les roues de tracteur.

- c) Création fréquente d'un sous-horizon cultural inférieur à structure massive et compacité très élevée constituant un obstacle majeur à la pénétration racinaire.
- d) L'instabilité structurale héritée du milieu naturel s'exprime dès la création, par la mise en culture, d'un environnement moins protecteur.
- e) Les sols offrent une grande variété de comportements mécaniques vis-à-vis des techniques culturales et ce en fonction de caractères intrinsèques en grande partie hérités du milieu naturel (texture en particulier).

3°) Les solutions possibles

a) Pellicules de battance. Au cours de la croissance des cultures des façons superficielles "à la demande" permettent de les briser de façon à favoriser l'infiltration des pluies. Le problème le plus aigu se pose au moment de la levée des semis. Il faut éviter de pulvériser trop finement la terre de surface. L'utilisation d'outils à dents permettrait peut-être de concilier l'obtention d'une granulométrie structurale fine dans le lit de semence et la concentration de mottes plus grosses en surface (moindre susceptibilité à la battance).

On peut également essayer d'agir au niveau de la stabilité structurale (voir plus loin).

b) Hétérogénéité des horizons culturaux.

Nous avons vu que le sous-horizon inférieur de compacité, créé lors de la défriche, n'est ensuite repris qu'épisodiquement par les techniques culturales. Nous avons noté également l'arrière-effet favorable du sous-solage de défriche.

Il semble donc que cette contrainte puisse être facilement levée au moyen d'un travail du sol profond de 20 à 25 cm et effectué à une humidité telle que se produise une bonne fragmentation du matériau.

La contrainte que constitue l'hétérogénéité structurale du sous-horizon supérieur peut vraisemblablement être levée par le choix des conditions d'humidité optimum permettant au travail du sol de réaliser une fragmentation suffisante tout en limitant les risques de tassement. Pour cela des données complémentaires sont indispensables et nous tentons actuellement de caractériser le comportement mécanique des matériaux pédologiques suivant l'état d'humidité.

c) Instabilité structurale.

Nous avons vu (graphique n°1) que pour des rapports Carbone %/Argile + limons fins en % de l'ordre de 0,5-0,6 la stabilité structurale se maintient à un niveau satisfaisant. Des rapports C/A+Lf supérieurs à 0,5-0,6 n'apportent aucune amélioration supplémentaire de la stabilité structurale. Si par exemple A+Lf est égal à 30 % des taux de carbone de l'ordre de 15 à 18 % suffisent théoriquement à assurer une bonne stabilité structurale, ce en conditions de milieu suffisamment protectrices bien entendu.

4°) Les éléments favorables.

Nous les trouverons surtout au niveau de la richesse organique et minérale des horizons supérieurs.

a) Les premiers stades de la mise en culture ont nettement amélioré, par rapport au milieu naturel, l'équilibre existant entre le cinq paramètres suivants: carbone, azote, capacité d'échange, bases échangeables, phosphore total.

b) Les effets de la mise en culture sur la richesse organique et minérale des sols sont assez dispersés mais, au niveau global du terroir villageois, on peut considérer que les horizons cultureux n'ont été que très peu modifiés par rapport à leurs homologues naturels.

c) Il convient cependant de souligner l'effet favorable très net qu'a eu la mise en culture sur la richesse en bases échangeables.

Pour conclure le bilan de l'évolution des sols sur schistes de BOYAKRO-BRIKRO après deux à trois ans de culture mécanisée est très favorable. Il existe certes des contraintes, au niveau notamment du travail du sol, mais elles doivent pouvoir être levées sans trop de difficultés moyennant une meilleure connaissance du comportement mécanique des sols suivant l'humidité.

FICHE ANALYTIQUE

PROFIL		STATION BR-1		STATION BR-3		
Horizon						9
Groupe		Témoins		Cult.		13
Sous-groupe						17
(Familial)						21
(Série)						25
(Région)						29
Numero du sac						33
Profondeur minimale en cm		0 10		0 8		37
Profondeur maximale		10 20		8 20		41
Refus						45
Carbonate de calcium						49
Argile		23,5 25,3		23,4 11,8		53
Limon fin 2 a 20 µ		14,6 13,2		6,7 5,4		57
Limon grossier 20 a 50 µ		22,3 23,0		18,3 12,3		61
Sable fin 50 a 200 µ		23,7 22,6		19,9 50,8		65
Sable grossier		15,9 15,9		19,8 18,4		69
Granulométrie en 10 ⁻²						73
Matières organiques en 10 ⁻³		1 1		1 1		13
Carbone		22,2 11,3		16,7 11,7		17
Azote		3,24 1,36		2,14 0,78		21
Acides humiques						25
Acides humiques bruns						29
Acides humiques gris						33
Acides fulviques						37
pH eau 1/2,5		6,1 5,8		7,8 6,9		41
pH chlorure de potassium						45
Cations échangeables en me		6,40 2,84		11,9 3,90		49
Calcium Ca ⁺⁺		3,75 2,12		2,66 2,30		53
Magnésium Mg ⁺⁺		0,23 0,12		0,68 0,28		57
Potassium K ⁺		0,02 0,01		0,01 0,01		61
Sodium Na ⁺		10,21 7,90		11,0 6,45		65
Capacité d'échange		0,59 0,57		0,85 0,28		69
Acide phosphorique en 10 ⁻³						73
Phosphore total		2 2		2 2		13
Phosphore assim. Truog		10,40 5,09		15,25 6,49		17
S		>100 64		>100 >100		21
S/T %						25
Perte au feu						29
Résidu				28,4		33
Sulfate				23,3		37
Fer Fe ₂ O ₃						41
Titane TiO ₂						45
Manganèse MnO ₂						49
Fer libre Fe ₂ O ₃						53
Calcium Ca ⁺⁺		2,56 2,60		2,59 2,59		57
Magnésium Mg ⁺⁺						61
Potassium K ⁺						65
Sodium Na ⁺						69
Structure et caractéristiques hydriques		29,9 22,1		28,8 22,7		73
pF 2,0						13
pF 2,5		21,8 20,7		21,3 15,4		17
pF 3		17,1 15,8		17,3 11,0		21
pF 4,2		12,2 10,7		12,1 7,4		25
Instabilité structurale		0,7 2,5		1,8 0,6		29
Perméabilité		23,3 4,4		6,1 8,7		33
Conductivité L en m-mho/cm						37
Chlorures Cl ⁻						41
Sulfates SO ₄ ⁻⁻						45
Carbonates CO ₃ ⁻⁻						49
Bicarbonates HCO ₃ ⁻						53
Calcium Ca ⁺⁺		45,1 29,1		33,5 17,1		57
Magnésium Mg ⁺⁺		27,9 9,1		13,6 13,4		61
Potassium K ⁺		10,2 1,3		3,6 8,1		65
Sodium Na ⁺						69
Sels solubles, extrait pâte saturée en me						73
Conductivité L 1/10 en m-mho/cm						13
Ag A %						17
Ag E %						21
Ag B %						25
extrait un dixième						29
Conductivité L 1/10 en m-mho/cm						33
						37
						41
						45
						49
						53
						57
						61
						65
						69
						73

ATTERBERG LL LP

Ag A %
Ag E %
Ag B %
extrait un dixième

FICHE ANALYTIQUE

PROFIL		STATION BR-4				STATION 30-5			
		Témoins		Cultures		Témoins		Cult.	
Horizon	9								
Groupe	13								
Sous-groupe	17								
(Famille)	21								
(Série)	25								
(Region)	29								
Numero du sac	33								
Profondeur minimale en cm	37	0	10	0	15	0	10	0	
Profondeur maximale	41	10	20	15	25	10	20	20/25	
Granulometrie en 10 ⁻²	45								
Refus	45								
Carbonate de calcium	49								
Argile	53	22,9	25,6	22,2	24,6	16,0	16,7	16,5	
Limons fin 2 à 20 µ	57	13,0	12,9	17,4	10,6	7,5	7,2	5,5	
Limons grossier 20 à 50 µ	61	14,0	14,3	11,8	12,9	13,2	13,2	13,3	
Sable fin 50 à 200 µ	65	23,6	30,8	29,6	27,9	43,3	45,3	46,9	
Sable grossier	69	16,5	16,4	19,0	24,0	20,0	17,6	17,8	
	73	1	1	1	1	1	1	1	1
Matières organiques en 10 ⁻³	13	23,4	13,5	12,4	7,21	13,2	19,7	10,3	
Azote	17	2,42	1,36	1,36	0,76	1,30	1,38	0,86	
Acides humiques	21								
Acides humiques bruns	25								
Acides humiques gris	29								
Acides fulviques	53								
Acidité	37	7,4	6,5	7,3	7,9	6,9	6,9	6,6	
pH chlorure de potassium	41								
Cations échangeables en me	45	9,60	5,40	10,45	4,85	5,60	5,40	4,60	
Calcium Ca	49	5,16	2,64	3,40	2,00	1,30	1,26	1,52	
Magnesium Mg	53	0,73	0,38	0,88	0,67	0,60	0,35	0,41	
Potassium K	57	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
Sodium Na	61	10,2	8,62	9,81	6,63	6,94	7,43	6,02	
Capacité d'échange	65	0,52	0,43	0,45	0,34	0,67	0,70	0,45	
Acide phosphorique en 10 ⁻³	69								
Phosphore total	73	2	2	2	2	2	2	2	2
Phosphore assimilable	13	15,50	8,43	14,74	7,53	7,51	7,02	6,54	
Phosphore disponible	17	>100	98	>100	>100	>100	94	>100	
Éléments totaux (triacide) en 10 ⁻²	21								
Perte au feu	25								
Résidu	29			27,1	23,6			20,8	
SiO ₂	33			21,9	18,2			17,1	
Al ₂ O ₃	37								
Fer Fe ₂ O ₃	41								
Titane TiO ₂	45								
Manganèse MnO ₂	49								
Fer libre Fe ₂ O ₃	53								
en me	57	2,53	2,53	2,62	2,63	2,58	2,59	2,61	
densité	61								
Calcium Ca	65								
Magnesium Mg	69	30,9	27,0	30,0	27,3	21,5	23,8	24,3	
Structure et caractéristiques hydriques	73	3	3	3	3	3	3	3	3
pF 2.5	13	23,6	20,5	23,8	19,6	16,1	16,1	15,4	
pF 3	17	20,6	17,4	18,5	16,6	13,0	12,8	12,5	
pF 4,2	21	13,3	11,5	11,9	10,5	8,2	8,3	7,4	
Instabilité structurale	25	0,6	1,3	2,5	4,7	0,7	0,6	2,4	
Perméabilité	29	17,8	7,7	3,5	2,1	12,9	13,0	3,9	
Seils solubles, extrait pâte saturée en me	33								
Conductivité L en m-mho/cm	37								
Chlorures Cl ⁻	41								
Sulfates SO ₄ ⁼⁼	45								
Carbonates CO ₃ ⁼⁼	49								
Bicarbonates HCO ₃ ⁻	53								
Calcium Ca	57	37,8	36,5	26,6	13,5	20,3	24,3	11,1	
Magnesium Mg	61	22,4	13,6	9,5	4,6	15,2	12,2	4,8	
Sodium Na	65	7,8	2,3	1,8	1,6	7,3	7,0	7,8	
Conductivité L 1-10 en m-mho/cm	69								

FICHE ANALYTIQUE

PROFIL		STATION B0-6			STATION B0-7			
Horizon	9							
Groupe	13	Témoïn			Cult.			
Sous-groupe	17							
(Famille)	21							
(Série)	25							
(Région)	29							
Numéro du sac	33							
Profondeur minimale en cm	37	0	10	0	0	10	+10/5	
Profondeur maximale	41	10	20	15	10	20	10	
Refus	45							
Carbonate de calcium	49							
Argile	53	17.0	15.0	23.2	11.8	9.2	16.1	
Limon fin 2 à 20 µ	57	7.8	8.4	10.4	4.4	7.9	9.9	
Limon grossier 20 à 50 µ	61	10.1	11.1	10.8	10.9	10.6	11.8	
Sable fin 50 à 200 µ	65	34.6	34.3	30.9	41.8	41.6	31.9	
Sable grossier	69	30.5	31.2	24.7	31.1	30.7	30.3	
	73	1	1	1	1	1	1	
Matières organiques en 10 ⁻³	13	14.3	6.67	21.4	13.2	5.05	10.9	
	17	1.66	0.68	2.40	1.52	0.56	1.22	
Acidité	21							
	25							
	29							
	33							
pH eau 1/2,5	37	6.5	6.8	7.3	7.3	6.7	6.9	
pH chlorure de potassium	41							
Cations échangeables en mé	45	7.20	4.20	11.90	6.40	2.16	4.90	
Calcium Ca ++	49	1.79	0.91	1.82	1.84	0.80	1.46	
Magnésium Mg ++	53	0.41	0.15	0.56	0.36	0.11	0.35	
Potassium K +	57	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	
Sodium Na +	61	8.48	5.35	10.77	6.48	3.38	6.41	
Capacité d'échange	65	0.84	0.56	1.37	0.39	0.23	0.29	
Acide phosphorique en 10 ⁻³	69							
Phosphore total	73	2	2	2	2	2	2	
Phosphore assim. Truog	13	9.42	5.27	14.30	8.61	3.08	6.72	
Rhosphore assim. Olsen	17	>100	98	>100	>100	91	>100	
Rhosphore non extractible	21							
Perte au feu	25							
Résidu	29			28.0			21.1	
SiO ₂	33			19.9			16.0	
Al ₂ O ₃	37							
Fer Fe ₂ O ₃	41							
Titane TiO ₂	45							
Manganèse MnO ₂	49							
Fer libre Fe ₂ O ₃	53							
Calcium Ca ++	57	2.61	2.66	2.57	2.56	2.52	2.59	
Magnésium Mg ++	61							
Potassium K +	65							
Sodium Na +	69	21.0	20.4	22.1	19.5	16.0	23.8	
Structure et caractéristiques hydriques	73	3	3	3	3	3	3	
pF 2.5	13	15.4	14.2	20.4	13.6	10.9	17.3	
pF 3	17	12.8	11.2	17.4	10.5	8.6	14.3	
pF 4.2	21	8.0	6.5	11.8	6.4	4.0	6.7	
Instabilité structurale	25	1.4	3.9	1.3	0.7	3.3	3.4	
Perméabilité	29	11.5	2.2	9.6	13.2	2.5	2.7	
Conductivité L en m-mho/cm	33							
Chlorures Cl ⁻	37							
Sulfates SO ₄ --	41							
Carbonates CO ₃ --	45							
Bicarbonates HCO ₃ -	49							
Calcium Ca ++	53							
Magnésium Mg ++	57	12.5	6.7	24.4	15.5	4.0	6.2	
Potassium K +	61	9.6	4.5	12.9	3.2	3.6	4.3	
Sodium Na +	65	4.0	3.9	5.2	6.3	3.4	4.8	
extrait un dixième Conductivité L 1/10 en m-mho/cm	69							

FICHE ANALYTIQUE

PROFIL

STATION BO-8

Horizon 9
 Erosion 13
 Sous groupe 17
 Famille 21
 Série 25
 Région 29
 Numéro du sol 33
 Profondeur minimale en cm 57
 Profondeur maximale 41
 Reti 47
 Carbonate de calcium 49
 Argile 53
 Limon fin 2 à 20 µ 57
 Limon grossier 20 à 50 µ 61
 Sable fin 50 à 200 µ 65
 Sable grossier 69

Témoir Cult.

Granulometrie en 10⁻²

0	10	0
10	20	10/15
23,1	28,4	19,6
16,4	13,9	21,1
26,8	28,3	28,7
24,1	21,0	19,2
9,6	8,4	11,4

Matières organiques en 10⁻³

Carbone 15
 Azote 17
 Acides humiques 21
 Acides humiques bruns 25
 Acides humiques gris 29
 Acides fulviques 33

20,5	10,7	16,4
2,52	1,52	1,90

Acidité

pH eau 1/2 3 37
 pH chlorure de potassium 41

7,1	7,2	8,0
-----	-----	-----

Cations échangeables en me

Calcium Ca⁺⁺ 45
 Magnesium Mg⁺⁺ 49
 Potassium K⁺ 53
 Sodium Na⁺ 57
 Capacité d'échange 61

9,65	7,75	13,0
1,98	1,26	3,25
0,53	0,32	1,07
0,01	0,01	0,01
10,6	9,06	9,73

Acide phosphorique en 10⁻³

Phosphore total 65
 Phosphore assimilable 69

0,84	0,76	0,78
------	------	------

**S
SIT%**

13
17

12,21	9,34	17,33
>100	>100	>100

Elements totaux (tracés) en 10⁻²

13
17

**LL
LP**

29
53

		31,8
		25,8

**en me
densité**

Fer Fe₂O₃ 57
 Titane TiO₂ 41
 Manganèse MnO₂ 45
 Fer libre Fe₂O₃ 49
 Calcium Ca 53
 Magnesium Mg 57
 Potassium K 61
 Sodium Na 65

2,58	2,60	2,59
------	------	------

Structure et caractéristiques hydriques

Porosité en 10⁻² PF 2,0 69

33,8	32,3	35,1
------	------	------

pF 2,5 13
 pF 5 17
 pF 4,2 21
 Instabilité structurale 25
 Perméabilité 29

25,5	24,5	25,1
22,8	21,5	21,8
13,9	13,5	12,9
1,5	2,6	3,5
9,4	2,1	3,5

Sels solubles extrait pâte saturée en me

Conductivité L en m mho/cm 33
 Chlorures Cl⁻ 37
 Sulfates SO₄⁻ 41
 Carbonates CO₃⁻ 45
 Bicarbonates HCO₃⁻ 49
 Calcium Ca 53

35,4	23,2	20,1
15,3	9,2	6,5
3,1	1,3	2,9

**AgA %
AgE %
AgB %**

extrait un dixième Conductivité L en m mho/cm 65