

Evolution des caractéristiques chimiques et structurales d'un sol brun eutrophe du Cameroun sous culture d'ananas.

J. GODEFROY, J.P. GAILLARD et A. HAURY

EVOLUTION DES CARACTERISTIQUES CHIMIQUES ET STRUCTURALES D'UN SOL BRUN EUTROPHE DU CAMEROUN SOUS CULTURE D'ANANAS

J. GODEFROY, J.P. GAILLARD et A. HAURY (IRFA)

Fruits, oct. 1977, vol. 32, n°10p. 591-597.

RESUME - L'évolution d'un sol brun eutrophe tropical au cours de dix années de culture d'ananas se caractérise par un appauvrissement des teneurs en matière organique, en potassium et en magnésium, ainsi que par une diminution de la stabilité structurale et de la perméabilité.

Une comparaison est faite, d'une part entre l'évolution du même sol sous bananeraie, d'autre part avec l'évolution des sols ferrallitiques cultivés en ananas.

L'évolution des sols minéraux sous culture fruitière constitue l'un des thèmes de recherches du laboratoire d'Agro-pédologie de l'IRFA. Cet article complète et termine la série des publications sur ce sujet dont on trouvera les références bibliographiques dans *FRUITS*, vol. 32, n° 1, 1977, p. 8.

CONDITIONS DE L'ETUDE

Cette étude a été réalisée à la station ONAREST-IRFA de Nyombé, située dans le sud du Cameroun (région du Mungo).

Le sol formé à partir d'un matériau volcanique récent (lapillis) appartient à la classe des sols à humus évolué (mull), groupe des sols bruns eutrophes tropicaux (classification française, AUBERT 1963). La description d'un profil et ses caractéristiques physico-chimiques sont données en annexe.

* J. GODEFROY, IRFA, B.P. 153 - Fort de France (Martinique)
J.P. GAILLARD, IRFA, B.P. 5035, 34032 MONTPELLIER (France)
A. HAURY, IRFA, B.P. 13, NYOMBE (Rép. du Cameroun)
avec la collaboration du Service de Biométrie de l'IRFA, Paris.

Ce sol, de la classe texturale des argiles limono-sableuses, se caractérise par : une grande richesse chimique, des capacités d'échanges cationiques et de rétention en eau très élevées, une structure grumeleuse stable, une forte perméabilité, une densité apparente faible : voisine de 1. Divers indices laissent supposer la présence dans la fraction fine de minéraux du type allophane, associés à la kaolinite et parfois à la gibbsite (MARTIN, SIEFFERMAN, 1966).

Le climat est du type tropical humide ; la pluviosité annuelle est de 2.600 à 3.000 mm et la température moyenne de 26,5°C.

L'évolution du sol est suivie pendant dix années (1966-1975) dans un essai de fertilisation, combinant trois niveaux d'azote : N₀, N₁ (125 kg), N₂ (250 kg) et quatre niveaux de potassium : K₀, K₁ (125 kg), K₂ (250 kg), K₄ (500 kg) (doses/ha par cycle en N et K₂O). Les applications d'engrais sont effectuées par pulvérisation aqueuse sur le feuillage. La richesse du sol ne justifie pas l'apport des autres éléments fertilisants (Ca, Mg, P). Avant l'implantation de l'essai, le terrain était en culture bananière depuis plusieurs années.

Les prélèvements de terre sont effectués dans l'horizon

0 - 25 cm où sont localisés 80 p. cent des racines de la plante ; ils sont faits en période dite de «stabilité climatique» qui correspond à la saison sèche (février), à un rythme annuel au début, puis tous les deux ans.

La variété cultivée est le Cayenne lisse type local, plantée à la densité de 61.500 pieds/ha (90 x 40 x 25 cm). La production est destinée à l'exportation en frais.

RÉSULTATS

Avant de traiter de l'évolution du sol, qui est l'objet de cet article, nous résumons les principales conclusions agronomiques. Une étude détaillée des résultats des premières années à déjà été publiée dans cette revue (J.P. GAILLARD, 1970) : rappelons cependant que tous les essais servant de support à cette étude ont été conduits à partir de cayeux de 350 g sur des cycles plantation-récolte, d'une durée de douze mois.

Productivité

La fumure azotée a une action très nette sur la productivité ; l'accroissement du poids des fruits (moyenne de cinq cycles) est de 17 p. cent pour N₁ et de 30 p. cent pour N₂ (tableau 1).

L'engrais potassique n'a pratiquement pas d'effet sur le rendement, en revanche il augmente l'acidité des fruits et améliore la coloration, deux critères de qualité. L'absence de réponse au potassium sur la production s'explique par la richesse du sol en cet élément (1,5 à 1,8 mé/100 g d'échangeable dans K₀ après dix années de culture).

TABLEAU 1 - Poids moyen des fruits en kg.

Traitements	premier cycle 1966-1968	deuxième cycle 1968-1970	troisième cycle 1970-1972	quatrième cycle 1972-1973	cinquième cycle 1973-1975	moyenne
N ₀ K ₀	1,22	0,79	1,05	0,83	0,78	0,934
N ₁ K ₀	1,43	0,94	1,23	0,92	0,95	1,094
N ₁ K ₁	1,43	0,94	1,27	0,93	0,92	1,098
N ₁ K ₂	1,43	0,95	1,29	0,96	0,94	1,114
N ₂ K ₀	1,54	1,05	1,35	1,05	1,10	1,218
N ₂ K ₂	1,60	1,04	1,38	1,05	1,15	1,244
N ₂ K ₄	1,60	1,03	1,41	1,05	1,12	1,242

Tableau 2 - Droites de régression et coefficients de corrélation (r) de C et N en fonction du temps (x).

Traitements	Equations des droites de régression	r	nombre de couples	signification
N ₀	C o/oo = - 0,21 x + 27,2	- 0,54	6	NS
	N o/oo = - 0,05 x + 3,21	- 0,90	6	*
N ₁	C o/oo = - 0,20 x + 26,9	- 0,38	24	NS
	N o/oo = - 0,04 x + 3,15	- 0,68	24	**
N ₂	C o/oo = - 0,10 x + 26,8	- 0,20	23	NS
	N o/oo = - 0,04 x + 3,19	- 0,66	23	**

Matière organique

L'accroissement de productivité par la fertilisation azotée se traduit, également, par une augmentation de la masse végétale produite, donc des résidus de culture, ce qui a pour conséquence une amélioration du bilan humique (8 à 10 p. cent). En 1975, après dix années de culture d'ananas, les teneurs en C et N sont les suivantes :

	C total p. mille	N total p. mille	C/N
N ₀	23,9 (100)	2,74 (100)	9
N ₁	25,7 (108)	2,83 (103)	9
N ₂	26,3 (110)	2,82 (103)	9

L'évolution au cours des dix années de culture indique une diminution de l'azote et de la matière organique (figure 1 et tableau 2). La baisse relative annuelle de la teneur en carbone est de 0,4 à 0,8 p. cent. L'appauvrissement du sol en azote est plus élevé : 1,2 p. cent (N₂), 1,3 p. cent (N₁), 1,5 p. cent (N₀).

La dynamique de l'évolution de la matière organique de ce sol brun eutrophe est différente de celle des sols ferrallitiques. Dans cette terre volcanique, la diminution est faible mais continue dans le temps ; dans les sols ferrallitiques, on observe, après la mise en culture, une baisse rapide de C et N puis une «stabilisation» des niveaux après la troisième ou quatrième année de culture d'ananas (J. GODEFROY, 1974).

Dans le même sol et le même site, la dynamique de la matière organique est nettement plus favorable sous bananeraie, puisque pour cette culture le bilan humique est équilibré (J. GODEFROY, Ph. MELIN, 1977).

Structure

La stabilité des agrégats décroît entre 1966 et 1975 (figure 2). En dix années de culture d'ananas, les taux d'agrégats stables à l'eau après prétraitement à l'alcool (**Aga**) ont baissé de 10 p. cent (1,6 p. cent par an en valeur relative) et ceux prétraités au benzène (**Agb**) de 23 p. cent (4,8 p. cent). Ces résultats traduisent une diminution de la cohésion des agrégats (**Aga**) et une augmentation de leur mouillabilité, ce dernier facteur étant prépondérant. L'évolution de **Aga** diffère de celle d'**Agb** : la décroissance de **Agb** est régulière et continue de 1966 à 1975 alors que celle de **Aga** est brutale entre 1966 et 1968 puis la cohésion est stable. Précisons que malgré cette détérioration, la structure est encore très bonne après dix années de culture, puisque l'indice d'instabilité est de l'ordre de 0,3.

L'évolution parallèle des teneurs en matière organique et des agrégats benzène (figure 1 et 2) et la valeur du coefficient de corrélation entre C et **Agb** ($r = 0,56^{**}$; $n = 46$) confirment le rôle important de l'humus sur la structure des sols tropicaux et principalement son action protectrice en réduisant la mouillabilité des agrégats. Il n'y a pas de relation entre C et **Aga** ($r = 0,16$ NS).

La dégradation structurale s'accompagne d'une réduction de la perméabilité les quatre premières années qui suivent la mise en culture d'ananas, puis l'indice de percolation se «stabilise» (figure 3).

Les mêmes phénomènes s'observent sous bananeraie, mais avec moins d'intensité du fait que, pour cette culture, le bilan humique est équilibré.

Les divers types de fumure minérale n'ont pas d'action sur l'évolution de la stabilité structurale et le traitement sans fertilisation (N_0K_0) n'est pas différent des autres.

Complexe absorbant

Le sol volcanique est riche en cations totaux et échangeables (tableau 3) et des apports d'amendements calc-magnésiens sont inutiles. Comme nous l'avons mentionné ci-dessus, la fertilisation potassique n'augmente pas le rendement, son action est limitée à une amélioration de la coloration et à un accroissement de l'acidité des fruits, deux facteurs de qualité.

TABLEAU 3 - Teneurs en cations en 1975 (mé/100 g).

	N_0K_0		N_2K_4	
	échangeable	total	échangeable	total
calcium	17	90	15,6	82
magnésium	3,8	110	3,6	93
potassium	1,8	14,4	2,2	15,2
sodium	0,1	18,5	0,1	17,7

Les courbes d'évolution du potassium échangeable montrent que le sol s'appauvrit en cet élément au cours des années de culture (figure 4). La diminution moyenne, par rapport à la teneur du sol à la mise en place de l'essai (1966) est de 5 p. cent par an dans les parcelles K_0 , 4,7 p. cent dans K_1 , 4,1 p. cent dans K_2 et 3,5 p. cent dans K_4 . Ces pertes équivalent respectivement à 180, 170, 150 et 125 kg/ha de K_2O (calculs pour l'horizon 0-25 cm et une densité apparente de 0,9). Dans les traitements K_2 et K_4 , les apports d'engrais potassique (250 et 500 kg/ha de K_2O) compensent largement les exportations de potassium estimées à 160 kg dans N_0 , 190 kg dans N_1 et 210 kg/ha/cycle dans N_2 . Ces quantités sont calculées en prenant comme valeur de K_2O exporté : 2,9 kg/tonne de fruits et pour rendements la moyenne des cinq cycles ($N_0 = 56$ t/ha, $N_1 = 65$ t/ha, $N_2 = 73$ t/ha) ; la valeur de 2,9 kg est la plus élevée citée dans la bibliographie et concerne les îles Hawaï (LACOEUILHE, 1974). Ces estimations montrent que l'appauvrissement du sol n'est pas dû seulement aux prélèvements par les récoltes. Il est vraisemblable que la diminution en K échangeable est due à la lixiviation, mais, pour en être certain, il aurait fallu suivre l'évolution de K total ou celle des eaux de drainage. On notera que les excédents d'engrais (K_2 , K_4) ne permettent pas d'obtenir un bilan potassique équilibré mais seulement de ralentir la décroissance.

Si des différences de teneurs du sol, entre les traitements, commencent à se manifester à partir de 1972, il faut attendre 1975, soit la dixième année d'essai pour que les écarts soient statistiquement significatifs (tableau 4). On rappellera qu'en culture d'ananas, l'engrais potassique (et azoté) est pulvérisé en solution aqueuse sur le feuillage ; ce mode d'épandage modifie beaucoup moins la composition ionique du sol que les épandages d'engrais solide à la surface du sol.

TABLEAU 4 - Teneurs en K échangeable : mé/100 g.

Année	K_0	K_1	K_2	K_4	Test F	p.p.d.s. 5 %	C.V. %
1966 : $\bar{m} = 3,4$							
1968	3,1	3,3	3,1	2,6	NS	-	26
1970	2,7	2,8	2,9	2,6	NS	-	21
1972	1,6	2,0	1,8	2,0	NS	-	23
1973	1,9	2,3	3,3	2,7	NS	-	30
1975	1,7	1,8	2,0	2,2	*	0,5	20
moyenne	2,3	2,5	2,6	2,5	*	0,3	11

FIGURES 1 à 5 :

Equations des droites de régression et valeurs des coefficients de corrélation entre les divers caractères et l'année (x).

n = 46

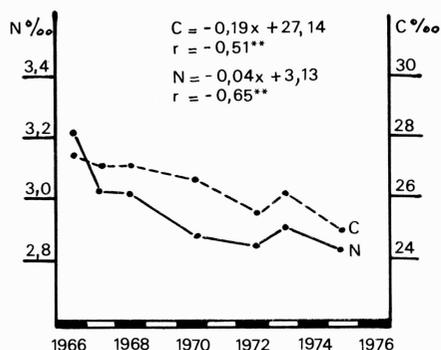


Fig. 1 • EVOLUTION DE C ET N TOTAL (moyenne des 7 traitements).

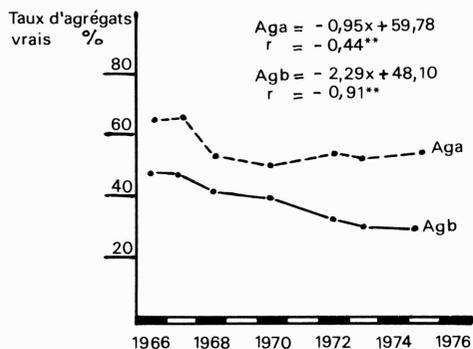
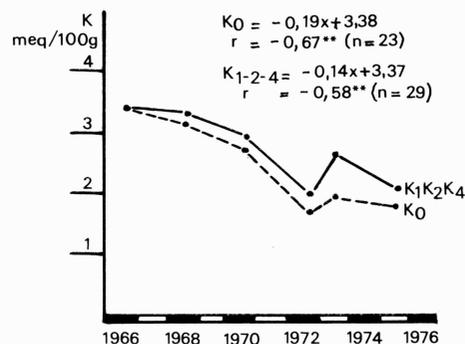


Fig. 2 • EVOLUTION DE LA STRUCTURE (moyenne des 7 traitements).

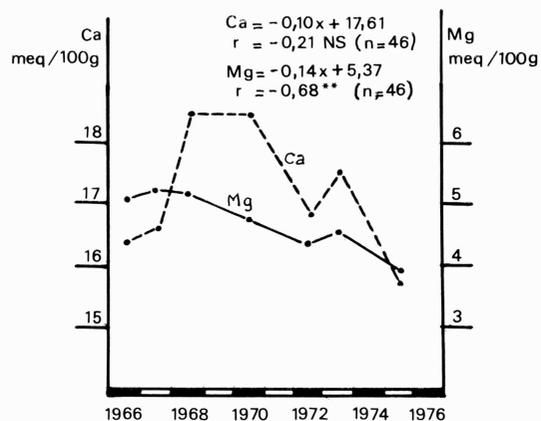


Fig. 4 • EVOLUTION DES CATIONS ECHANGEABLES (moyenne des 7 traitements).

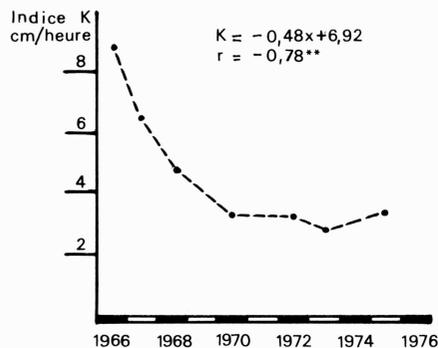


Fig. 3 • EVOLUTION DE L'INDICE DE PERCOLATION (moyenne des 7 traitements).

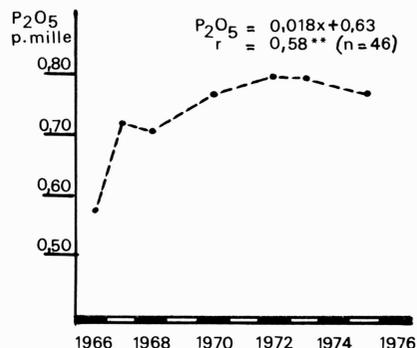


Fig. 5 • EVOLUTION DU PHOSPHORE ASSIMILABLE (moyenne des 7 traitements).

En 1975, le K_2O échangeable représente respectivement : 1.800 kg/ha (K_0), 1.900 kg (K_1), 2.100 kg (K_2), 2.300 kg (K_4) et les réserves totales sont de 15 (K_0) et 16 (K_4) tonnes.

L'évolution du **calcium** échangeable est irrégulière (figure 4) : si l'on observe des écarts de 3 mé/100 g entre les années, les teneurs en 1966 et en 1975 ne sont pas significativement différentes. La pente de la droite de régression est de - 0,1 mé/100 g, ce qui représente une diminution annuelle de 0,6 p. cent (63 kg de CaO), mais le coefficient de corrélation de Ca en fonction des années n'est pas significatif ($r = - 0,21$). Les divers traitements n'ont pas d'action sur les niveaux en calcium quelque soit l'année. En 1975, la fraction échangeable est de près de 10 t/ha de CaO et les réserves totales de plus de 50 tonnes. Les exportations de l'ordre de 20 kg/ha/cycle au maximum sont négligeables par rapport aux réserves.

Le **magnésium** échangeable décroît régulièrement de 2,6 p. cent par an (figure 4) ; cet appauvrissement équivaut à une perte de 63 kg/ha de MgO. Les exportations des 5 récoltes étant au maximum de 100 kg (LACOEUILHE, déjà cité). 530 kg ont été perdus au cours de la décennie, probablement par lixiviation. Les faibles différences de la fraction échangeable entre les traitements ne sont significatives pour aucune des années, néanmoins, les réserves totales sont plus élevées dans N_0K_0 que dans N_2K_4 (tableau 3). En 1975, le MgO échangeable est de 1.600 à 1.800 kg/ha et les réserves totales de 40 à 50 tonnes. Au rythme d'une baisse annuelle de 63 kg/ha, les réserves sont donc suffisantes pour plusieurs siècles.

L'évolution du **pH**, comme celle du calcium, est assez irrégulière d'une année à l'autre, toutefois les écarts sur les moyennes entre années ne dépassent pas 0,3 unités. Dans N_0K_0 , si les pH tendent à être plus élevés de 0,1 à 0,2 unités par rapport à ceux des parcelles fertilisées, les différences ne sont jamais statistiquement significatives. On n'observe pas d'évolution de l'acidité du sol au cours des dix années : coefficient de corrélation : $pH \times \text{années} = 0,06$ NS.

Comme celle de la matière organique, l'évolution des cations sous culture d'ananas est donc très différente de celle sous bananeraie dans le même sol. Pour cette culture, on n'observe pas d'appauvrissement en potassium et en magnésium en quinze années d'exploitation, même sans fertilisation potassique (GODEFROY, MELIN 1977, déjà cités). Ces différences ne peuvent s'expliquer par les exportations, qui ne sont pas plus élevées, au contraire, que celles du bananier. Il semble donc que les baisses des teneurs en K et Mg observées sous culture d'ananas soient en liaison avec la diminution de matière organique (coefficients de corrélation : $r = 0,96$ ** entre C et Mg et 0,68 ** entre C et K).

Phosphore

Contrairement aux autres éléments fertilisants, la fraction du **phosphore** extractible à l'acide citrique à 2 p. cent (phosphore assimilable DYER) a augmenté en valeur relative de 29 p. cent en dix ans (figure 5). L'ananas étant une plante capable de s'alimenter correctement en P, même dans les sols très pauvres, semble doué d'un pouvoir d'extraction élevé vis-à-vis de cet élément. Ce phosphore

immobilisé dans la plante serait restitué au sol sous forme plus «soluble» au moment de l'enfouissement des résidus de culture et accroîtrait la fraction dite «assimilable». Une seconde hypothèse est que l'augmentation de la fraction «assimilable» aurait pour origine une «libération» du phosphore lié à la matière organique et serait donc en relation avec la baisse de M.O. On sait en effet que P assimilable croît lorsque le rapport M.O./P total diminue (DABIN, 1960). Sous bananeraie où le bilan humique est équilibré, on n'observe pas d'enrichissement en P extractible.

En 1975, les réserves sous forme «assimilable» représentent 1.700 kg par ha de P_2O_5 et les réserves totales 18 tonnes ($P_2O_5 = 8$ p. mille) ; les niveaux sont identiques dans les sept traitements.

CONCLUSIONS

L'évolution d'un sol brun eutrophe sous culture d'ananas pendant dix années se caractérise par une diminution des teneurs en matière organique (C et N) en potassium et en magnésium échangeables, ainsi que par une dégradation de la structure. Compte tenu du potentiel de fertilité de ce sol volcanique, des réserves minérales très élevées et de la structure encore excellente, ces phénomènes n'ont pas de répercussion à court ou à moyen terme sur la productivité de l'ananas. Au cours de la décennie étudiée, l'évolution du calcium échangeable est irrégulière mais les niveaux n'ont pas baissé et les valeurs des pH ont peu varié.

La fraction en phosphore extractible à l'acide citrique s'est accrue de près de 30 p. cent, augmentation que nous avons interprétée comme étant due à une «libération» de P lié à la matière organique ou à une assimilation par la plante de formes non extraites par l'acide citrique et qui retournent au sol sous formes plus «solubles», lors de l'enfouissement des résidus de culture.

La comparaison avec la culture bananière dans le même site et le même sol (Nyombé) fait apparaître des différences importantes. Sous bananeraie, les bilans : humiques, potassiques et magnésiens sont équilibrés. Les estimations des exportations d'éléments nutritifs minéraux par les deux plantes ne permettent pas de donner une interprétation des différences observées. L'hypothèse la plus plausible est que les baisses de K et Mg échangeables sont en relation avec l'appauvrissement du sol en matière organique. Des apports d'engrais potassiques supérieurs aux quantités exportées par les récoltes ralentissent la baisse de K échangeable mais ne l'éliminent pas.

La structure se détériore sous les deux cultures mais plus intensément en plantation d'ananas, en raison de la baisse du niveau humique.

La dynamique de l'évolution de la matière organique dans ce sol brun eutrophe est différente de celle observée dans les sols ferrallitiques. Dans le premier, l'abaissement de la teneur est faible mais continu, dans les seconds elle est forte les trois ou quatre premières années de culture d'ananas, puis le niveau se «stabilise».

ANNEXE 1

1. Description du profil (Station ONAREST - IRFA, Nyombé).

- **Emplacement** : essai NK à 15-20 cm d'un plant d'ananas.

- **Topographie** : plaine, terrain plat.

- **Profil** :

0-15 cm : humide, humifère, 10 YR 3/2 (brun gris très foncé), argile limono-sableuse, structure grumeleuse moyennement développée, poreux, meuble, peu dur, très friable, lapillis : 8 p. cent.

Limite régulière et diffuse.

15-40 cm : humide, 10 YR 3/3 (brun foncé), argile limono-sableuse, structure continue avec débit polyédrique, peu poreux, cohérent, peu dur, friable, lapillis : 13 p. cent

Limite distincte.

40-40 cm : humide, début d'horizon cendreuse cimenté se cassant facilement au marteau, 10 YR 2/1 (noir).

> 80 cm : horizon cimenté très dur (dalle).

- **Enracinement.**

0-30 cm : densité forte, racines : sinueuses, arrondies, horizontales et obliques vers le bas, ramifiées, vivantes, occupation homogène de l'horizon.

30-40 cm : rares, sinueuses, arrondies, horizontales et obliques vers le bas, peu ramifiées, vivantes.

> 40 cm : aucune.

2. Caractéristiques physiques.

- **Granulométrie de la terre fine** (p. cent).

	<u>0-15 cm</u>	<u>15-40 cm</u>
argile	32	34
limon fin	31	28
limon grossier	11	13
sable fin	14	13
sable grossier	9	10
- Structure		
indice d'instabilité : I_s	0,21	0,16
indice de percolation : K cm/h	5,7	7,7
stabilité structurale : S_t	80	84
Caractéristiques hydriques pondérales (p. cent)		
pF 2,5	47,0	49,0
pF 4,2	29,3	29,6
différence	17,7	19,4

3. Caractéristiques chimiques.

- **Matière organique**

C total p. mille	34,2	31,4
N total p. mille	3,3	3,0
C/N	10	10

- **Complexe absorbant**

Ca échangeable meq p. cent	19,3	18,7
Mg échangeable meq p. cent	4,2	4,5
K échangeable meq p. cent	2,4	3,2
Na échangeable meq p. cent	0,1	0,1
CEC meq p. cent	40,3	39,2
Coef. saturation p. cent	65	68
pH (pâte)	6,3	6,4

- **Phosphore**

P ₂ O ₅ assimilable DYER p. mille	1,08	0,93
---	------	------

BIBLIOGRAPHIE

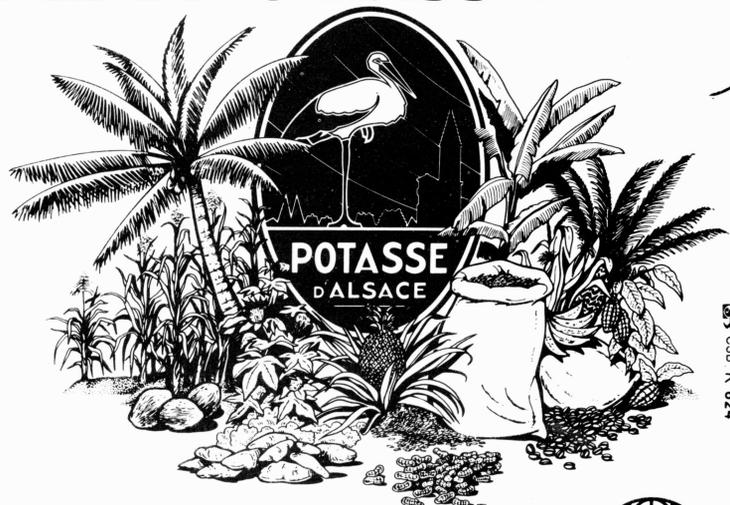
- AUBERT (G.). 1963.
La classification pédologique française.
Cahiers ORSTOM, sér. pédol., 3, 1-7.
- DABIN (B.). 1960.
Les sols de bananeraies de Côte d'Ivoire.
Fruits, 15, 3, 117-127.
- GAILLARD (J.P.). 1970.
Recherche d'un équilibre K/N dans la production de l'ananas frais au Cameroun.
Fruits, 25, 1, 11-24.
- GODEFROY (J.). 1974.
Evolution de la matière organique du sol sous culture de bananier et de l'ananas. Relations avec la structure et la capacité d'échange cationique.
Thèse, Nancy.
- GODEFROY (J.) et MELIN (Ph.). 1977.
Evolution de la fertilité d'un sol brun eutrophe du Cameroun sous culture bananière.
Fruits, 32, 1, 3-8.
- LACOEUILHE (J.J.). 1974.
Les résidus de culture de l'ananas.
Fruits, 29, 7-8, 501-504.
- MARTIN (D.) et SIEFFERMANN (G.). 1966.
Le département du Mungo. Étude des sols et leur utilisation.
Cahiers ORSTOM, sér. pédol., IV, 2, 27-49.



LES CULTURES TROPICALES AIMENT LA POTASSE

QUALITE
RENDEMENT
PROFIT

engrais
potassiques



GRUPE EMC

SOCIÉTÉ COMMERCIALE DES POTASSES ET DE L'AZOTE

62-68, rue Jeanne d'Arc - 75646 PARIS CEDEX 13

Tél. : 584.12.80 Télex : P.E.M.C. 20191 F



PUBLICIS P 2010

CSB K 824