CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES DÉFICIENCES MINÉRALES DES SOLS SOUS CULTURE COTONNIÈRE AU NORD-CAMEROUN

par

A. FRITZ et **M. VALLERIE**

O. R. S. T. O. M. Fonds Documentaire
N° : 5571
Cote : B
85
N° 5571

COTON ET FIBRES TROPICALES

Vol. XXVI, Fasc. 3, Septembre 1971

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES DÉFICIENCES MINÉRALES DES SOLS SOUS CULTURE COTONNIÈRE AU NORD-CAMEROUN

par

A. FRITZ (1) et **M. VALLERIE** (2)

RÉSUMÉ

Depuis 1967, la fertilisation minérale du cotonnier constitue l'un des objectifs essentiels du programme d'agronomie de l'I.R.C.T. dans le Nord-Cameroun. Compte tenu de l'inventaire pédologique existant, l'étude d'une liaison éventuelle type de sol-fertilisation minérale a été entreprise en vue de faciliter la généralisation des résultats obtenus sur des essais ponctuels et aussi de contribuer à la vulgarisation des techniques proposées.

Pour tenter de résoudre ce problème, trois méthodes d'investigations (analyses pédologiques et foliaires et essais au champ par la méthode soustractive) ont été appliquées sur les principaux types de sol choisis pour leur représentativité régionale, leur importance socio-économique et leur aptitude favorable à la culture cotonnière.

Cette étude a permis de préciser l'existence des relations assez étroites entre les déficiences minérales, la productivité naturelle et potentielle, les analyses foliaires et pédologiques d'une part, et la nature pédogénétique des sols d'autre part. Ces résultats soulignent, en particulier, l'importance des documents pédologiques pour l'étude et la planification de l'emploi des engrais.

SOMMAIRE

INTRODUCTION

1. *PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES SOLS ETUDIES*
   - 11. Sols peu évolués d'apport
   - 12. Vertisols
   - 13. Sols ferrugineux tropicaux
   - 14. Sols rouges tropicaux
   - 15. Sols halomorphes
2. *METHODOLOGIE EXPERIMENTALE*
   - 21. Profil cultural
   - 22. Analyses des sols
   - 23. Analyses foliaires
   - 24. Essais au champ par la méthode soustractive
3. *RELATIONS ENTRE LA NATURE PEDOGENETIQUE DES SOLS ET LEURS DEFICIENCES*
   - 31. Relation analyses pédologiques - types de sol
     - 311. Propriétés physiques
     - 312. Profils culturaux
     - 313. Propriétés chimiques
   - 32. Relation analyses foliaires - types de sols
     - 321. Azote
     - 322. Soufre
     - 323. Phosphore
     - 324. Potassium
     - 325. Bore
     - 326. Conclusion
   - 33. Relation production de coton-graine - types de sols
     - 331. Production naturelle et potentielle : Importance de la nutrition minérale en tant que facteur limitant.
     - 332. Etude des déficiences minérales en tant que facteurs limitants
       - — Azote
       - — Soufre
       - — Phosphore
       - — Potassium
       - — Bore
     - 333. Récapitulation
   - 34. Relation analyses pédologiques - production de coton-graine
     - 341. Azote
     - 342. Phosphore
     - 343. Potassium
   - 35. Relation analyses foliaires - production de coton-graine
     - 351. Azote
     - 352. Soufre
     - 353. Phosphore
     - 354. Potassium
     - 355. Bore

CONCLUSION

---

(1) Agronome à l'I.R.C.T. Station de MAROUA (R.F. du Cameroun).

(2) Pédologue. Maître de Recherche à l'O.R.S.T.O.M. Centre de YAOUNDÉ (R.F. du Cameroun).

O. R. S. T. O. M. Fonds Documentaire
N° : 5571
Cote : B

20 JUIL. 1972

O. R. S. T. O. M.
Collection de Référence
n° 5571 Pedo.

INTRODUCTION

La Section d'Agronomie de l'I.R.C.T. au Cameroun s'est préoccupée, depuis sa création en 1953, des problèmes de mise en valeur des sols par des méthodes culturales appropriées. En particulier, au cours de la campagne 1967, une première série d'essais au champ par la méthode soustractive a permis de montrer la possibilité de déterminer assez rapidement les déficiences minérales dans la zone cotonnière du Nord-Cameroun.

Parallèlement, des études pédologiques ont été entreprises par l'O.R.S.T.O.M. dès 1950 et ont permis d'inventorier les sols du Nord-Cameroun. Ces études, exprimant en elles-mêmes la répartition régionale de groupe de sols bien caractérisés, ne sont pas une fin en soi. Elles doivent contribuer à la détermination de techniques culturales adaptées à chaque unité pédologique pour une culture bien définie.

Il est apparu dès lors nécessaire de préciser les relations éventuelles entre les déficiences minérales, présentes ou à venir au bout d'un certain temps de culture plus ou moins intensive, et la nature pédogénétique des sols. Ces études ont pour but la généralisation des résultats obtenus sur des essais ponctuels multilocaux, judicieusement choisis, à toutes les unités pédologiquement semblables. Ceci permettra de contribuer à la planification de l'emploi des engrais.

Pour tenter de résoudre ce problème, trois méthodes d'investigation ont été retenues : analyses pédologiques, analyses foliaires et essais au champ par la méthode soustractive. Les résultats analytiques et les rendements comparés aux diverses catégories de sol doivent permettre de préciser dans quelle mesure les déficiences minérales observées sont liées à la nature pédogénétique des sols.

1.- PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DES SOLS ÉTUDIÉS

Les sols sur lesquels a porté notre étude sont de nature pédogénétique très diversifiée puisqu'ils représentent cinq classes pédologiques : sols peu évolués, vertisols, ferrugineux tropicaux, rouges tropicaux, halomorphes. Nous rappelons brièvement ci-dessous leurs principales caractéristiques ainsi que leur localisation et leur superficie approximative au nord du 9e parallèle.

11. LES SOLS PEU ÉVOLUÉS D'APPORT

Caractéristiques physico-chimiques

Ils sont caractérisés par une certaine irrégularité dans la morphologie des profils due à la nature et l'âge des matériaux : alluvions récentes ou anciennes.

La granulométrie est variable, il faudra rechercher les séries les moins sableuses (Ganze, Mokosse, Sava). Ce sont des sols poreux, à cohésion faible et généralement profonds. Ils sont très faciles à travailler. La nappe phréatique permet le plus souvent une alimentation correcte en eau.

Le taux de matière organique est assez variable, les sols les plus pauvres étant les plus sableux, la décomposition rapide de l'humus étant facilitée par la très bonne aération du profil.

Le pH est légèrement acide à neutre, en relation avec un complexe absorbant bien saturé. Sur les alluvions récentes, le taux de phosphore total n'est jamais inférieur à 0,5 ‰ et peut être supérieur à 1 ‰ ; sur alluvions anciennes, ce taux est nettement plus faible. Les réserves minérales sont bonnes, en particulier en potassium.

Localisation et importance relative

Les alluvions récentes se limitent strictement aux abords des mayos les plus importants. Elles ne recouvrent, en général, que des bandes de faible largeur. Elles représentent toutefois des superficies non négligeables dans la région de MORA (plaine de GUÉTALÉ et vallée de la Moskota) et dans la région de GAROUA (vallée de la Bénoué et du Mayo Kébbi).

Les alluvions anciennes forment de vastes zones d'épandage plus éloignées des mayos. Dans la région de MORA, ce matériau est grossier au Nord et beaucoup plus fin au Sud. Dans la plaine du Diamaré, ces alluvions peuvent évoluer assez rapidement et donner naissance à des sols hydromorphes ou halomorphes ; on aboutit alors, en particulier dans la région de BOGO, à des imbrications pédologiques difficilement cartographiables à moyenne échelle. Dans les régions de GAROUA, les alluvions anciennes, souvent caillouteuses en surface, sont à dominance de sables grossiers, avec des intercalations de lits sablo-argileux assez fréquentes mais d'étendues restreintes.

Superficie totale : 2 500 km².

12. LES VERTISOLS

Caractérisation physico-chimique

La granulométrie de ces sols dépend dans une large mesure de la nature du matériau originel, mais leur texture est toujours fine (30 à 50 % d'argile). Le pourcentage relativement élevé d'éléments fins et la nature gonflante des argiles, confèrent à ces sols une faible perméabilité et une forte capacité de rétention pour l'eau. Enfin, leur structure plus ou moins compacte peut entraîner des engorgements de profondeur.

Le bon drainage est déterminant, aussi de faibles variations topographiques ou granulométriques peuvent avoir une influence non négligeable sur la culture du cotonnier.

Les teneurs en matière organique sont très moyennes (0,8 à 1,5 %).

Le pH souvent légèrement acide en surface (6,5 à 7) devient alcalin en profondeur (7,5 à 8,5) en corrélation avec un complexe absorbant bien saturé surtout en calcium et magnésium ; par contre, le potassium est souvent faible. Les réserves minérales sont fortes mais le phosphore total est déficient.

Localisation et importance relative

Leur superficie est très importante, mais seuls les vertisols lithomorphes situés sur les plateaux en légère pente, bien drainés extérieurement, sont favorables à la culture cotonnière.

Ils sont localisés principalement dans la plaine du Diamaré, autour des collines de roche verte de MAROUA, et dans la région de KAÉLÉ. Au sud de GUIDER, ces sols sont localisés aux synclinaux crétacés (schistes ou marnes).

Superficie des séries favorables : 1 400 km².

13. LES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX

Caractérisation physico-chimique

Sols peu lessivés sur sables.

Tous ces sols sont sableux avec une dominance nette de sable fin. Ce matériel sableux, d'origine soit éolienne soit alluviale, est très perméable.

Le pH acide en surface (5,3 à 6) augmente faiblement en profondeur (6 à 6,3). Les teneurs en matière organique sont variables mais généralement peu élevées avec un taux d'azote assez faible (0,2 ‰). Le complexe absorbant, moyennement saturé, ne libère que 3 à 4 méq/100 g de bases échangeables

Sols peu lessivés sur socle.

Assez largement étendus dans le sud du bassin de la Bénoué, ils sont caractérisés par leur couleur dominante rouge et l'absence de concrétions.

Leur texture est sablo-argileuse avec prédominance de sable grossier. La teneur en matière organique est relativement faible (1 %). Le pH, proche de la neutralité en surface (6,8), diminue graduellement en profondeur. Le complexe absorbant, saturé à 60 %, a une capacité d'échange comprise entre 5 et 10 méq/100 g. Les réserves minérales (15 à 20 méq/100 g) sont moyennes, le potassium étant bien représenté (2 à 3 méq/100 g).

Ces sols ont des qualités physiques et chimiques correctes ; toutefois, il faudra prendre des précautions contre l'érosion sur les pentes les plus accusées.

Sols lessivés à concrétions.

Ces sols se développent sur des grandes surfaces pénéplanées, parsemées de lambeaux cuirassés et d'affleurements rocheux.

Leur texture est variable, le plus souvent argilo-sableuse. L'horizon concrétionné peut apparaître à faible profondeur.

La teneur en matière organique est très variable. Le pH compris entre 5,5 et 6 s'abaisse nettement entre 15 et 40 cm. Le degré de saturation est compris entre 80 % en surface et 30 % dans l'horizon lessivé. La capacité d'échange varie de 4 à 20 méq/100 g suivant la texture du sol. Les réserves minérales sont de l'ordre de 10 à 15 méq/100 g sans déséquilibre entre les différents cations.

La fertilité de ces sols est variable suivant la profondeur de l'horizon concrétionné, le pourcentage d'argile, et l'importance du lessivage.

Localisation et importance relative

Les sols ferrugineux peu lessivés sur sables sont localisés principalement au nord de la plaine du Diamaré et surtout à l'est recouvrant des superficies très importantes dans la région de MAYO-DANAI. Ils sont formés soit sur alluvions, au nord-est de MORA, soit sur sable d'origine éolienne. Superficie totale : 3 000 km².

Les sols peu lessivés sur socle se localisent au sud-est de la Bénoué dans la région de TOUBORO et MADINGRIN. Superficie totale : 1 600 km².

Les sols ferrugineux lessivés à concrétions ou indurés s'étendent sur des superficies plus ou moins importantes dans le sud-est de la plaine du Diamaré principalement autour de MINDIF. Superficie totale : 850 km².

14. LES SOLS ROUGES TROPICAUX

Caractérisation physico-chimique

Leur texture est variable suivant le type de roche-mère : sablo-argileuse à argilo-sableuse sur gneiss et embréchite, argilo-sableuse à argileuse sur micaschistes et roches vertes.

Les taux de matière organique sont souvent appréciables (1 à 2,5 %). Le pH est faiblement acide sur l'ensemble du profil. Le taux de saturation est élevé (70 à 100 %), mais la répartition des bases est relativement variable, en particulier le rapport Mg/Ca (0,15 à 1). Les réserves minérales sont fortes en particulier pour les sols sur micaschistes ou roches vertes, par contre le phosphore total est faible.

Ces sols ont de bonnes qualités physiques et chimiques. Toutefois, ils sont souvent peu épais et très sensibles à l'érosion. La présence de cailloux souvent très nombreux peut gêner la mécanisation.

Localisation et importance relative

Dans la plaine du Diamaré, ces sols, d'extension assez réduite, sont localisés principalement sur les massifs de roche verte et leur piedmont, ainsi que sur les micaschistes au sud de KAÉLÉ. Plus au Sud, ils recouvrent des superficies plus importantes, en particulier dans la région de GUIDER et BIDZAR (sur micaschistes ou gneiss) et de BIBEMI (sur amphibolo-schiste ou amphibolites). Autour de BIDZAR, le

paysage est accidenté et les sols rouges alternent avec des sols peu évolués. Aux environs de GUIDER et au nord-est de BIBEMI, le paysage est ondulé et les sols rouges tropicaux alternent avec des vertisols, des sols peu évolués et des sols ferrugineux, les sols rouges occupant le sommet des interfluves.

Superficie totale : 500 km².

15. LES SOLS HALOMORPHES

Caractérisation physico-chimique

Nous pouvons diviser ces sols en deux grandes catégories :

Les sols à tendance halomorphe (sols gris).

Les sols halomorphes proprement dits (Hardés).

Les sols à tendance halomorphe

Ils représentent de grandes superficies, localisées surtout au Sud du cordon dunaire, et se sont principalement développés sur alluvions, ou sur matériaux colluvionnés.

Sableux en surface, le profil s'enrichit progressivement en argile vers la profondeur surtout pour les sols sur colluvions. La présence du sodium agit déjà notablement sur les propriétés physiques. En surface, ces sols sont très battants formant de légères croûtes très caractéristiques qui entraînent aux premières pluies un ruisellement important et donc une érosion non négligeable. A plus ou moins faible profondeur apparaît un horizon compact, peu poreux et très peu perméable.

La levée du semis est souvent contrariée soit par la battance du sol soit par un engorgement superficiel. D'autre part, l'eau pénétre très difficilement en profondeur et le cotonnier risque de souffrir d'une sécheresse relative.

Le pH légèrement acide en surface devient neutre ou parfois franchement basique en profondeur. Le taux de matière organique est généralement faible. Le complexe absorbant est surtout saturé par le calcium et le magnésium. La principale caractéristique est la présence de quantités non négligeables de sodium, qui entraîne des rapports Ca/Na déséquilibrés (supérieurs à 0,1).

Les réserves minérales sont bonnes et en général bien équilibrées ; le taux de phosphore, par contre, est très faible.

Les sols halomorphes proprement dits.

Ces sols ont les mêmes propriétés que les précédents mais beaucoup plus accusées. En particulier, l'horizon sableux à sablo-argileux de surface peut être complètement érodé, la compacité et l'imperméabilité sont très fortes et entraînent une érosion intense.

Actuellement, la récupération de ces régions « hardés » (stériles) fait l'objet de travaux de recherches, de la part des Instituts spécialisés, visant à mettre au point des techniques culturales appropriées.

Localisation et importance relative

Ils occupent des superficies très importantes, en particulier dans la région de MORA et sur tout le pourtour du Diamaré. Dans le nord Bénoué, ces sols recouvrent des surfaces très nombreuses mais peu étendues. Quelques taches importantes sont également à signaler au sud-est du Mayo-Danaï.

Superficie totale : Sols à tendance halomorphe : 2 600 km².

Sols halomorphes : 500 km².

2. - MÉTHODOLOGIE EXPÉRIMENTALE

Le réseau d'essai a été implanté sur diverses catégories de sols, choisies pour leur représentativité régionale, leur importance socio-économique et leur aptitude naturelle plus ou moins favorable à la culture cotonnière. (Annexes n°s 1 et 2.) Les méthodes d'investigation choisies pour analyser les relations possibles entre les déficiences minérales et les diverses catégories de sol sont :

L'étude des profils culturaux ;
Les analyses de sol ;
Les analyses foliaires ;
Les essais au champ par la méthode soustractive.

21. PROFIL CULTURAL

L'étude des profils culturaux est effectuée systématiquement sur chaque type pédologique afin de préciser l'influence des caractéristiques physiques des sols et celle de la fumure sur le développement des cotonniers.

22. ANALYSES DE SOL

Des échantillons pédologiques ont été analysés pour caractériser les différents sols et vérifier leur représentativité effective.

Des prélèvements agronomiques, représentant les quinze centimètres superficiels du sol (zone d'enracinement maximum du cotonnier d'après les observations des profils culturaux) ont été effectués sur les parcelles sans engrais.

Granulométrie et pH, matière organique et azote, potassium total, phosphore (Olsen - Truog - Total) ont été déterminés.

23. ANALYSES FOLIAIRES

Les échantillons sont prélevés au début de la floraison. Les feuilles choisies sont situées à l'aisselle d'une fleur ouverte le jour du prélèvement (BRAUD, 1968).

L'azote organique, le soufre, le phosphore et le bore ont été déterminés sur le limbe et le potassium sur le pétiole. Les résultats sont exprimés en pourcentage de matière sèche pour les macro-éléments et en p.p.m. de matière sèche pour le bore.

Les niveaux critiques retenus sont 4 % pour l'azote, 0,30 % pour le soufre et le phosphore, 3 % pour le potassium et 15 p.p.m. pour le bore.

24. ESSAIS AU CHAMP PAR LA MÉTHODE SOUSTRACTIVE

Les essais sont réalisés selon la méthode soustractive (BRAUD, 1968).

Ils comportent les objets suivants :

Années 1967 et 1968	Année 1969
1. Témoin sans engrais	Témoin sans engrais
2. NSPK	NSPKB
3. SPK (— N)	NSPK (— B)
4. NPK (— S)	NPKB (— S)
5. NSK (— P)	NSKB (— P)
6. NSP (— K)	NSPB (— K)

A partir de 1969, des symptômes foliaires rappelant ceux de la déficience minérale en bore nous ont amenés à inclure cet élément dans l'étude ; parallèlement, l'azote s'étant révélé comme déficient dans la plupart des sols du Nord Cameroun, nous avons substitué l'objet (— B) à l'objet (— N).

La comparaison entre les objets 1 et 2 montre l'importance de la nutrition minérale en tant que facteur limitant. La comparaison successive des objets 3 à 6 à l'objet 2 permet de déterminer la nature et l'importance relative des déficiences minérales.

La composition de la fumure utilisée dans les différents traitements figure dans les tableaux 1 et 2.

Tableau 1. — *Fumure NSPK (B) utilisée.*

Essais	Unités à l'hectare				
	N	S	P_2O_5	K_2O	B_2O_3
1967-1968	87	48	81	141	—
1969	92	32	93	96	2,3

Tableau 2. — *Fumure utilisée dans les différents traitements.*

Essais	Objets	Engrais en kg/ha				
		Urée	$SO_4(NH_4)^2$	Triple superphosphate	KCl	K_2SO_4
1967-1968	Témoin sans engrais	—	—	—	—	—
	Formule complète NSPK	100	200	180	235	—
	Formule SPK, — N	—	—	180	—	300
	Formule NPK, — S	190	—	180	235	—
	Formule NSK, — P	100	200	—	—	—
	Formule NSP, — K	100	200	180	—	—

Essais	Objets	Urée	Phosphate NH_4	$SO_4(NH_4)^2$	SO_4K_2	KCl	Borax
1969	Témoin sans engrais	—	—	—	—	—	—
	Formule complète NSPKB	120	180	—	200	—	5
	Formule NPKB, — S	120	180	—	—	160	5
	Formule NSKB, — P	200	—	—	200	—	5
	Formule NSPB, — K	55	180	180	140	—	5
	Formule NSPK, — B	120	180	—	200	—	—

3. - RELATIONS ENTRE LA NATURE PÉDOGÉNÉTIQUE DES SOLS ET LEURS DÉFICIENCES

31. RELATION ENTRE LES ANALYSES PÉDOLOGIQUE ET LE TYPE DE SOL

311. Caractéristiques physiques

Si nous reportons sur un graphique triangulaire les textures des sols des différents essais (fig. 1), nous pouvons faire les constatations suivantes :

— Les sols se regroupent en plusieurs types de texture : argileuse, argilo-sableuse fine, sablo-argileuse fine et sableuse fine. Seuls deux essais sont

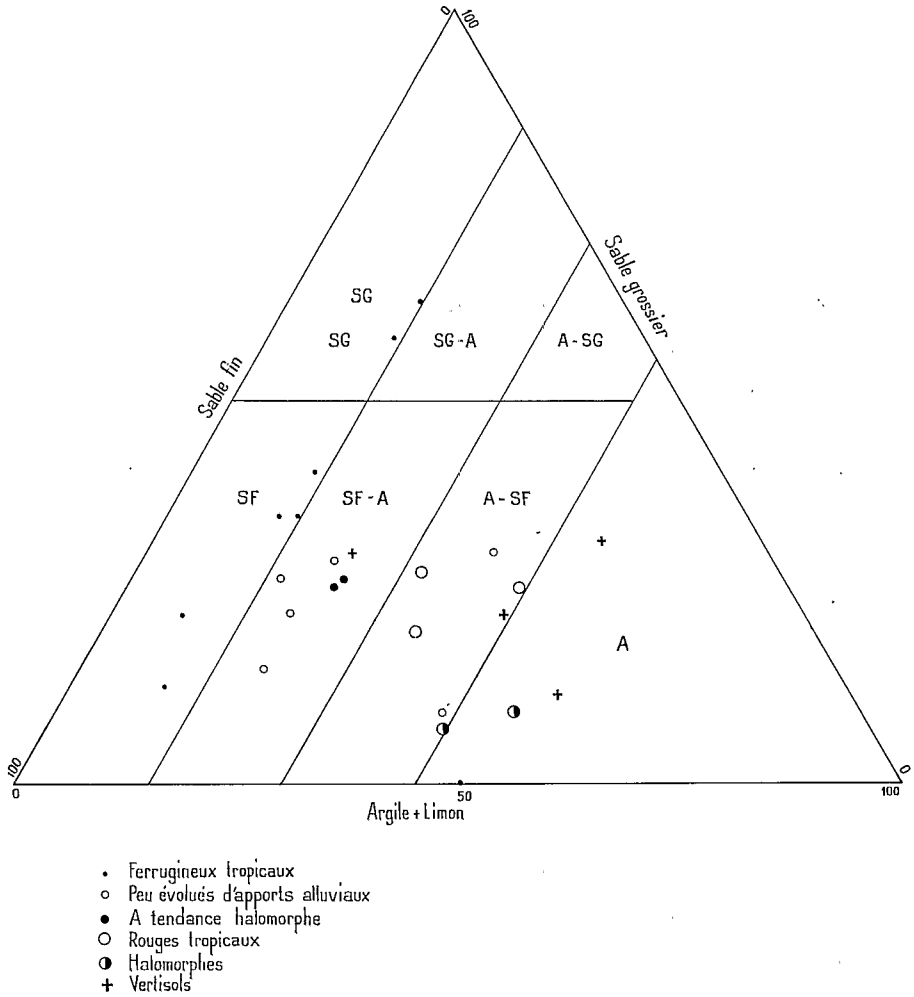


Fig. 1. — Texture. Type de sol

situés sur des sols de texture sablo-argileuse grossière (MADINGRIN et TOUBORO).

— Ces types de texture correspondent grossièrement aux grands types de sols étudiés :

Texture argileuse : vertisols et sols halomorphes.

Texture argilo-sableuse fine : sols rouges tropicaux.

Texture sablo-argileuse fine à sableuse fine : sols peu évolués alluviaux, sols à tendance halomorphe, sols ferrugineux.

Toutefois, certains essais font exception ; ainsi le vertisol développé sur colluvions de « roches vertes » à ADJYA est-il sablo-argileux alors que les sols peu évolués alluviaux de MADAKA et YAGOUA (MORA) sont argilo-sableux. Les sols ferrugineux de MADINGRIN et TOUBORO sont à dominance de sables grossiers.

Nous pouvons dire toutefois qu'en règle générale, pour les sols cultivés en cotonnier, les vertisols et les sols halomorphes ainsi que les sols rouges tropicaux sont de texture argilo-sableuse à argileuse, alors que les autres sols étudiés sont sablo-argileux à argilo-sableux.

La structure des sols joue également un rôle important qui sera mis en partie en évidence par l'étude des profils culturaux. Les structures fines se développent en particulier sur les sols peu évolués alluviaux et les sols ferrugineux tropicaux, alors que les structures massives se rencontrent dans les sols halomorphes et les vertisols et également dans les sols peu évolués sur alluvions anciennes argileuses comme sur l'essai de MADAKA.

312. Profils culturaux

L'importance du développement racinaire joue un rôle non négligeable dans la nutrition minérale, compensant partiellement la pauvreté chimique du sol ou sa sécheresse relative en surface.

Trois types d'enracinement sont observés (fig. 2).

Type 1 : Développement du pivot très important

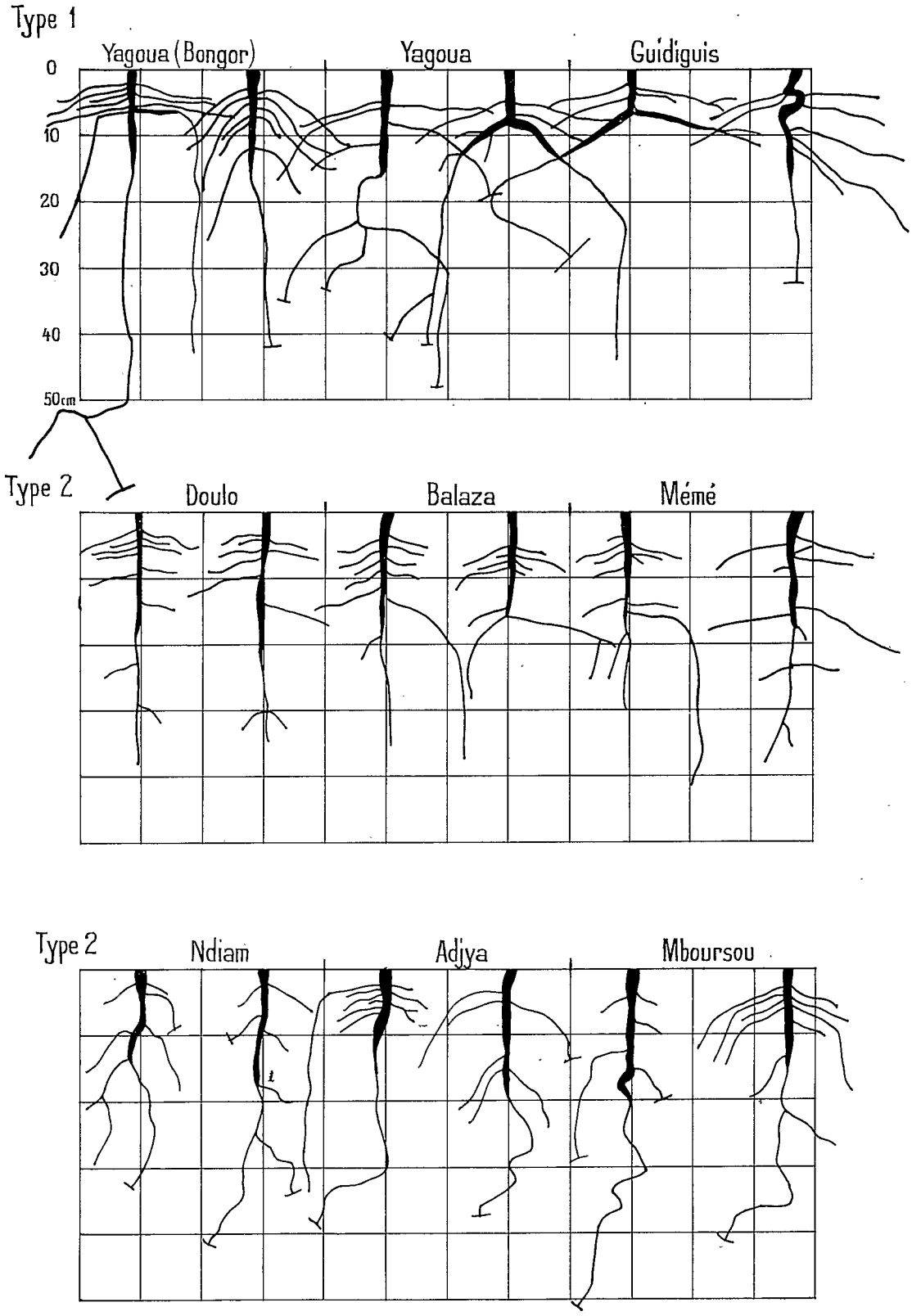


Fig. 2. — Développement des systèmes racinaires.

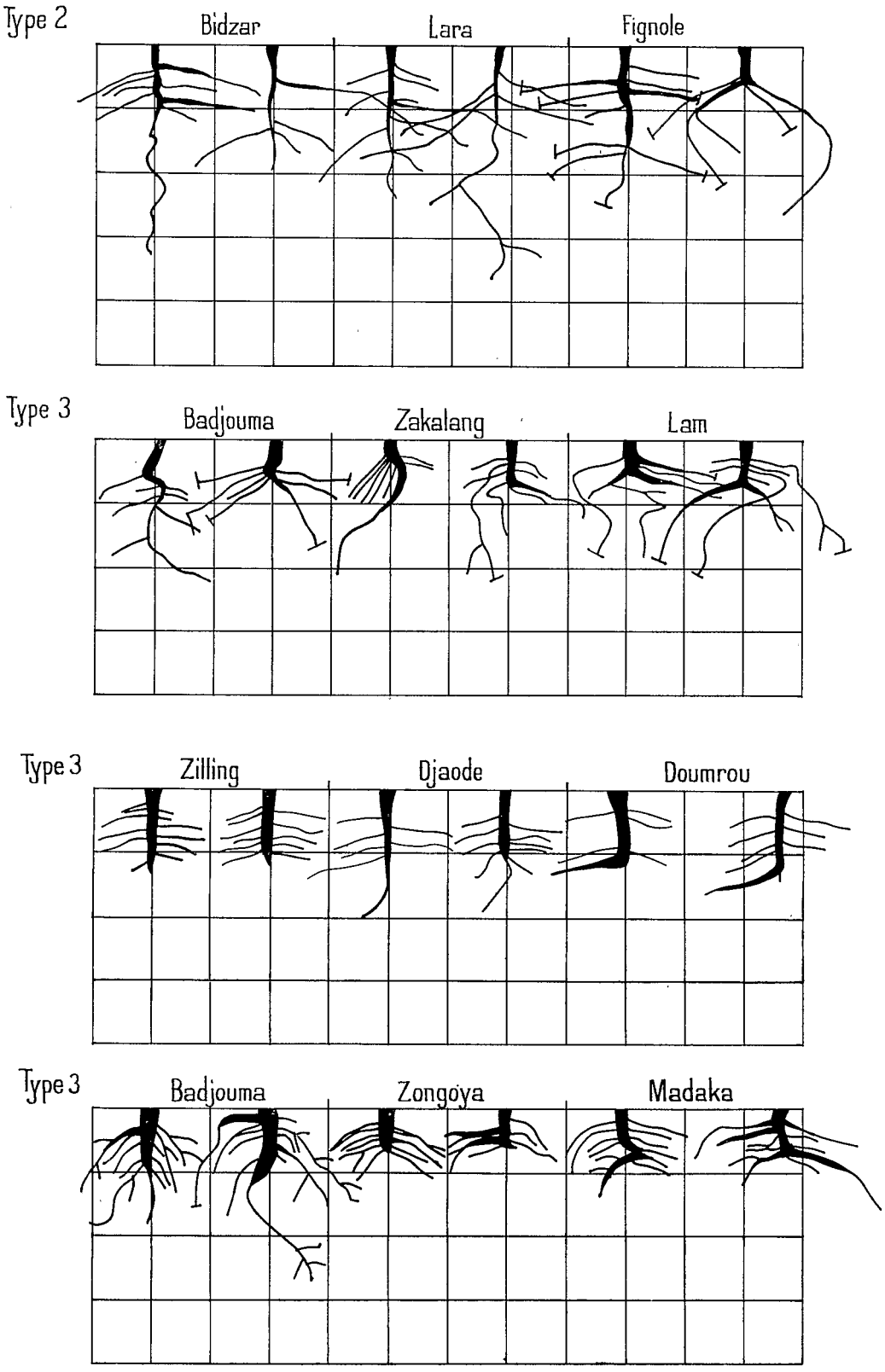


Fig. 2 (suite). — Développement des systèmes racinaires.

(2 à 3 m). Les racines secondaires sont très longues et abondantes, prospectant un grand volume de sol. Cas des sols ferrugineux tropicaux développés sur dunes.

Type 2 : Développement normal du pivot (40 à 50 cm), quelquefois contourné ou tortueux par suite de la présence d'éléments grossiers. Racines secondaires relativement nombreuses, bien développées et régulièrement réparties. Cas des sols peu évolués alluviaux, ferrugineux tropicaux et rouges tropicaux.

Type 3 : Développement très faible des pivots (10 cm) et diamètre très fort des collets. Racines secondaires de diamètre important, nombreuses, mais souvent courtes, ne prospectant qu'un volume de sol réduit. Cas des vertisols, sols alluviaux hydromorphes, sols ferrugineux hydromorphes, et sols halomorphes.

313. Propriétés chimiques

Matière organique

Les différences dans les précédents culturaux ou dans la végétation naturelle peuvent expliquer qu'aucune relation simple ne semble exister entre le taux de matière organique ou d'azote et la classification pédologique. Le rapport C/N, permettant d'estimer qualitativement la plus ou moins bonne minéralisation de la matière organique, ne semble pas non plus en relation étroite avec la classification pédologique.

Des études précises sur la matière organique dans les sols devraient permettre de préciser ce problème.

Phosphore

Les résultats analytiques montrent que les sols de tous les essais sont plus ou moins pauvres en phosphore total, à part ceux situés sur alluvions récentes. Aucune relation n'a pu être mise en évidence avec la classification pédologique.

Par contre, l'étude du phosphore Olsen modifié DABIN (1963) et les rapports P Ols./NT et P Ols./PT nous permettent de classer les résultats obtenus en trois grands groupes.

1er groupe :

P Ols. > 50 ppm P Ols./NT > 0,1 P Ols./PT > 10 %

2e groupe :

25 ppm < P Ols. < 50 ppm 0,05 < P Ols./NT < 0,1
P Ols./PT > 10 %

3e groupe :

P Ols. < 25 ppm P Ols./NT < 0,05 P Ols./PT < 10 %

Le tableau 3 montre alors que ces divers groupes sont en relation avec la classification des sols étudiés.

Tableau 3. — *Relation phosphore Olsen - classification pédologique.*

Emplacement des essais	Phosphore Olsen ppm	P Ols./N_T	P Ols./P_T %		
YAGOUA	112	0,24	18	P Ols. > 50 P Ols./N_T > 0,2 P Ols./P_T > 10	Peu évolués d'apport alluviaux
MÉMÉ	137	0,34	14		
MADAKA	76	0,16	25		
DJAODÉ	70	0,23	17		
DOULO	58	0,12	22		
BALAZA	52	0,10	15		
LARA	36	0,09	18	25 < P Ols. < 50 0,05 < P Ols./N_T < 0,1 P Ols./P_T > 10	Ferrugineux tropicaux et sols halomorphes
GUIDIGUIS	31	0,11	21		
FIGNOLÉ	31	0,05	12		
MADINGRIN	51	0,17	12		
TOUBORO	29	0,07	7		
FALA	29	0,14	16		
DOYANG	25	0,04	6		
YAGOUA (69)	162	0,54	29		
KITCHIMATARI	24	0,04	9		
DJAODÉ	37	0,09	10		
ZONGOYA	32	0,10	12		
ZILLING	25	0,08	11		
MBOURSOU	20	0,06	9	P Ols. < 25 P Ols./N_T < 0,05 P Ols./T_T < 10	Vertisols et sols rouges tropicaux
BIDZAR	27	0,04			
DIAMLETINA	17	0,03	8		
ADJYA	40	0,06	13		
ZAKALANG	27	0,05	7		
LAM	16	0,05	6		
BADJOUMA	20	0,05	6		

Les sols peu évolués d'apport sur alluvions, et en particulier sur alluvions récentes, sont assez bien pourvus en phosphore Olsen. Les besoins relatifs en azote sont relativement importants. Le pourcentage de phosphore Olsen par rapport au phosphore total est correct.

Les sols ferrugineux tropicaux et les sols halomorphes sont plus pauvres en phosphore Olsen. L'équilibre relatif entre l'azote et le phosphore semble satisfaisant ainsi que le pourcentage de phosphore Olsen par rapport au phosphore total.

Les vertisols et les sols rouges tropicaux sont très pauvres en phosphore Olsen. Le rapport P Ols./NT dénote un déséquilibre en faveur de l'azote qui doit accentuer dans une certaine mesure la déficience en phosphore. Enfin, une faible partie du phosphore totale est extraite par la méthode Olsen, ce qui pourrait indiquer un risque de blocage partiel du phosphore apporté par les fumures.

Potassium

Nous caractérisons le sol au point de vue richesse en potassium par le pourcentage de potassium échangeable par rapport à la somme totale des bases échangeables (S), le rapport Mg_e/K_e et le potassium total (KT).

Les résultats analytiques obtenus sur les sols des différents essais peuvent se regrouper comme suit :

1er groupe :

$100\ K_e/S > 2{,}5 \qquad 3\ Mg_e/K_e < 10 \qquad K_T > 1$ méq/100 g

2e groupe :

$100\ K_e/S \simeq 2 \qquad 20\ Mg_e/K_e < 40 \qquad K_T > 1$ méq/100 g

3e groupe :

$100\ K_e/S < 1 \qquad 20\ Mg_e/K_e < 40 \qquad K_T > 1$ méq/100 g

L'étude du tableau 4 met alors en évidence une relation entre ces différents groupes de valeur et la classification des divers types de sols étudiés.

Les sols peu évolués alluviaux sont bien pourvus en potassium et les risques de déficience sont faibles durant les premières années de culture.

Les sols ferrugineux sont bien équilibrés et les risques de déficiences paraissent faibles sauf toutefois pour DOYANG qui présente un rapport K_e/S très faible.

Les sols halomorphes sont bien pourvus en potassium, sauf dans le cas de KITCHIMATARI.

Les sols rouges tropicaux et les vertisols sont moins bien pourvus ; en particulier, la teneur en potassium échangeable par rapport à la somme des bases est médiocre pour les premiers et très faible pour les seconds. De plus, le rapport Mg_e/K_e, compris entre 20 et 40, dénote une possibilité de déséquilibre entre les cations qui risquent de perturber la nutrition minérale. Par contre, les réserves en potassium sont assez bonnes. Des précautions doivent donc être prises en ce qui concerne la fumure en attendant que la poursuite de ces études précise les besoins véritables.

Tableau 4. — *Relation potassium - type de sols.*

Emplacement des essais	K_e	K_e/S %	Mg_e/K_e	K_T		
MÉMÉ	0,5	5,8	3,4	10,7		
YAGOUA	0,6	4,5	3,3	7,3		
DOULO	0,4	4,4	4	4,2		
MADAKA	0,46	2,7	7,4	3,4		
BALAZA	0,2	4,1	3	2,7		
DJAODÉ	0,3	4	6,6	—	K_e/S % > 2,5	Sols peu évolués alluviaux
DOYANG	0,12	1	15	—	3 < Mg_e/K_e < 10	
LARA	0,22	4	4,5	1,3	$K_T > 1$	
YAGOUA	0,3	5	4,3	—		Sols ferrugineux tropicaux
MADINGRIN	0,1	3	7	—		
FIGNOLÉ	0,2	3,2	10	2,3		
TALA	0,2	3,8	5	—		Sols halomorphes
ZONGOYA	0,23	2,4	8,9	3,7		
DJAODÉ	0,34	5,3	8,5	4,4		
KITCHIMATARI	0,1	3	9			
ZILLING	0,4	2,6	6			
MBOURSOU	0,13	2,1	20	2,7	K_e/S % ≃ 2	Sols rouges tropicaux
BIDZAR	0,15	1,7	40	2,7	20 < Mg_e/K_e < 40	
NDIAMLETINA	2,28	1,8	22		$K_T > 1$	
ADJYA	0,23	0,9	36	1,6	K_e/S % < 1	Vertisols
ZAKALANG	0,21	0,6	25	3,4	20 < Mg_e/K_e < 40	
LAWE	0,11	0,4	39	3,5		
BADJOUMA	0,15	1,2	21	1,9	$K_T > 1$	

32. RELATION ENTRE LES ANALYSES FOLIAIRES ET LE TYPE DE SOL

Le tableau 5 récapitule les résultats des dosages effectués sur les feuilles des parcelles sans engrais. En portant sur un graphique les différentes valeurs obtenues pour un élément donné sur un type de sol défini (fig. 3), et en précisant sur ce graphique la moyenne et l'écart type de ces valeurs, des relations plus ou moins étroites semblent se dégager.

321. Azote

Les teneurs des feuilles en azote organique sont très dispersées, en particulier sur les sols ferrugineux tropicaux et les sols rouges tropicaux. Les sols halomorphes, par contre, se distinguent par une dispersion plus faible et des taux d'azote dans les feuilles supérieurs à 4 % de la matière sèche.

La relation entre ces analyses et les types de sol est donc très lâche.

322. Soufre

La dispersion des résultats est encore très importante. Toutefois, le graphique montre que les teneurs en soufre des feuilles sont beaucoup plus faibles sur sols rouges tropicaux (0,30 %) que sur sols peu évolués alluviaux et sols halomorphes (0,50 %). Pour les autres types de sol, les résultats ne permettent aucune conclusion.

Tableau 5. — *Relation analyses foliaires - type de sols.*

Types de sols	Emplacement des essais	Analyses foliaires dans les parcelles sans engrais				
		N %	S %	P %	K %	B %
Peu évolués d'apport alluvial	NGUÉTCHEVÉ	4,38	0,58	0,48	3,36	—
	GUÉTALÉ 69	3,82	—	0,33	—	—
	DJAODÉ 69	3,78	0,76	0,45	4,00	14
	DOULO 69	4,44	0,85	*0,26*	5,72	23
	MÉMÉ 68	3,85	0,88	0,34	5,32	21
	MAROUA	3,46	0,59	0,40	*2,10*	—
	YAGOUA 68	3,83	0,70	0,63	6,24	29
	ZONGOYA 67	3,62	0,60	*0,24*	4,27	—
	YAGOUA 69	3,27	0,80	0,46	6,40	16
	Moyenne	3,83	0,72	0,40	4,70	
	Ecarts type	0,13	0,04	0,04	0,05	
Ferrugineux	YAGOUA 69	2,90	0,38	0,20	4,24	9
	FIGNOLÉ	3,55	0,27	*0,22*	6,24	16
	LARA 68	4,36	0,86	*0,24*	3,60	14
	TAALA	3,26	0,64	0,53	5,36	12
	DOYANG 69	3,49	0,45	*0,25*	5,80	17
	TOUBORO	2,88	—	0,40	—	—
	LARA 67	3,84	0,36	0,28	3,46	—
	GUIDIGUIS	3,83	*0,22*	*0,18*	4,70	13
	Moyenne	3,31	0,45	0,29	4,80	
	Ecarts type	0,18	0,07	0,04	0,36	
Rouges tropicaux	DIAMLETINA 68	4,28	0,44	*0,18*	6,08	13
	DIAMLETINA 67	3,52	*0,22*	*0,20*	3,14	—
	BIDZAR	3,99	*0,23*	0,26	4,80	28
	MBOURSOU	3,03	*0,23*	0,16	*5,52*	21
	Moyenne	3,70	0,28	0,20	4,88	
	Ecarts type	0,27	0,05	0,02	0,64	
Vertisols	ADJIA	4,04	0,84	0,20	2,46	26
	BADJOUMA 67	3,76	0,41	0,28	*3,18*	—
	MESKINE	3,68	0,35	0,26	3,36	—
	Moyenne	3,83	0,53	0,25	3,00	
	Ecarts type	0,11	0,15	0,02	0,27	
Halomorphes	DJAODÉ	4,28	0,90	0,32	5,80	23
	ZILLING	4,14	0,80	*0,15*	5,80	10
	KITCHIMATARI	4,04	0,61	*0,17*	6,28	8
	Moyenne	4,15	0,77	0,21	5,96	
	Ecarts type	0,07	0,08	0,05	0,16	

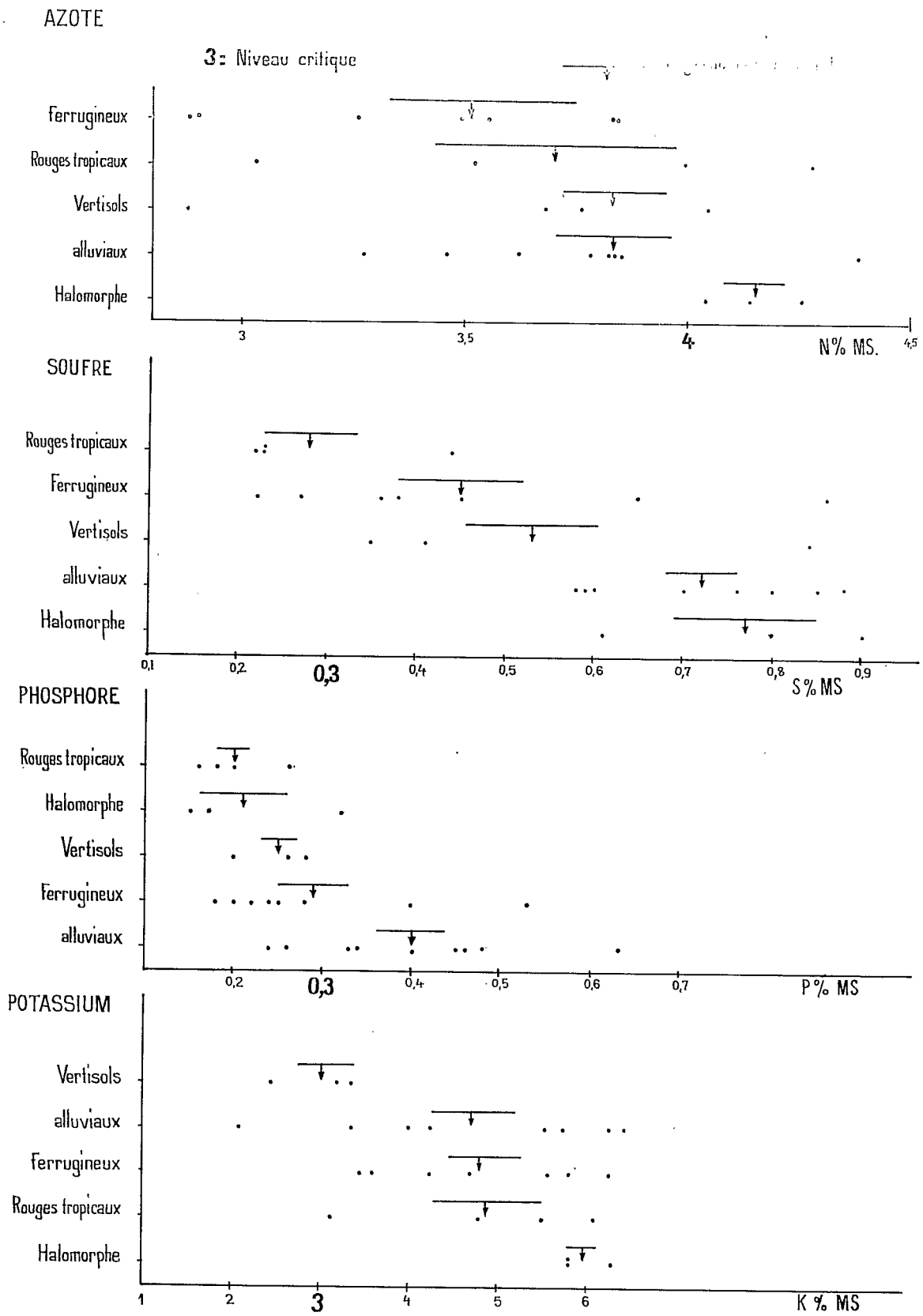


Fig. 3. — Relation analyses foliaires-Types de sols.
(Relation en % MS des parcelles sans engrais).

323. Phosphore

Les résultats sont plus homogènes pour cet élément. Les teneurs les plus faibles se rencontrent sur les sols rouges tropicaux et les sols halomorphes, elles augmentent légèrement sur les vertisols et les sols ferrugineux tropicaux et atteignent les valeurs les plus élevées sur les sols peu évolués alluviaux.

324. Potassium

La dispersion des résultats est la même que pour le phosphore. Les teneurs les plus faibles s'observent sur les vertisols, elles augmentent sur les sols ferrugineux, peu évolués alluviaux et rouges tropicaux et sont les plus élevées sur sols halomorphes.

325. Bore

Les résultats sont trop peu nombreux pour nous permettre de tirer des conclusions statistiquement valables.

326. Conclusion

La figure 4 représentant le taux moyen de chaque élément par type de sols, suggère les remarques suivantes :

— Sols peu évolués d'apport alluvial : les teneurs en azote sont un peu faibles, celles des trois autres éléments sont satisfaisantes.

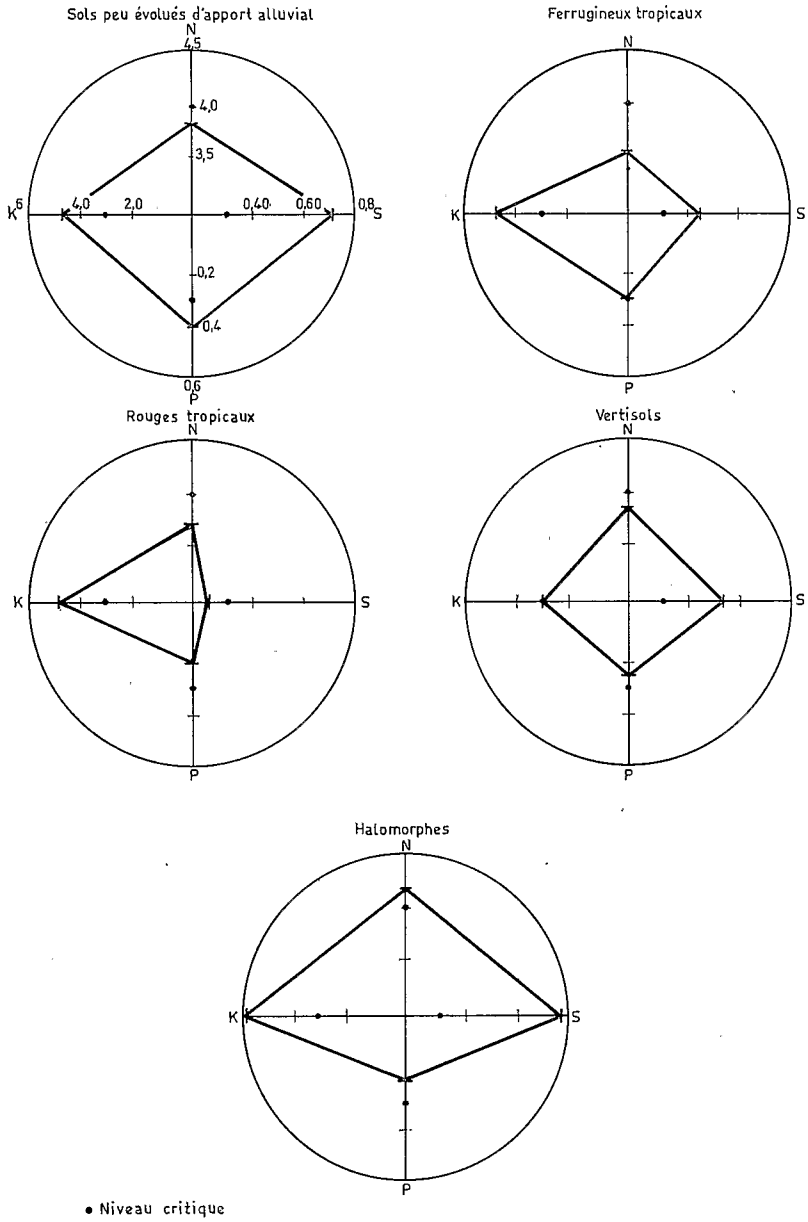


Fig. 4. — Teneurs foliaires moyennes (% MS) en NSPK. Types de sol.

— Sols ferrugineux tropicaux : les teneurs en azote et soufre sont faibles, celles en phosphore sont médiocres et celles en potassium satisfaisantes.

— Sols rouges tropicaux : les teneurs en soufre sont très faibles, celles en phosphore et azote sont faibles, celles en potassium satisfaisantes.

— Vertisols : les teneurs des quatre éléments sont faibles à médiocres.

— Sols halomorphes : seules les teneurs en phosphore sont faibles, les teneurs des trois autres éléments sont très satisfaisantes.

33. RELATION ENTRE LA PRODUCTION DE COTON-GRAINE ET LE TYPE DE SOL

331. Productivité naturelle et potentielle. Importance de la fumure minérale (NSPK) en tant que facteur limitant

La productivité naturelle est définie par les rendements obtenus, dans les conditions de milieu et de technique culturale précisées dans les méthodes expérimentales, sur les parcelles sans engrais, et la productivité potentielle par les rendements des parcelles à fumure NSPK (B) (tabl. 6).

Les relations avec les types de sol sont représentées dans la figure 5.

— Productivité naturelle

Il ressort du tableau 6 que nous pouvons réunir les essais en trois grands groupes : productivité naturelle bonne, moyenne et faible. La figure 5 montre qu'une relation avec les types de sol s'établit comme suit :

Productivité naturelle	Types de sol
Bonne (>1 000 kg/ha)	Peu évolués alluviaux Ferrugineux tropicaux
Moyenne (800 à 1 000 kg/ha)	Rouges tropicaux
Faible (600 à 800 kg/ha)	Vertisols Sols halomorphes

— Productivité potentielle

Nous pouvons également regrouper les rendements obtenus sur les parcelles NSPK (B) en quatre grandes catégories : productivité potentielle forte, moyenne, médiocre et faible. La figure 5 montre qu'une relation existe entre cette productivité potentielle et les types de sols étudiés.

Il est important de constater que la productivité potentielle des sols rouges tropicaux est beaucoup plus élevée que ne le laissait présager leur productivité naturelle.

Productivité potentielle	Types de sol
Forte (2 000 kg/ha)	Sols rouges tropicaux
Forte à moyenne (1 400 à 2 400 kg/ha)	Peu évolués alluviaux Ferrugineux tropicaux
Médiocre (1 000 à 1 500 kg/ha) ..	Vertisols
Faible (1 000 kg/ha)	Halomorphes

— Importance relative de la nutrition minérale en tant que facteur limitant.

Le tableau 6 et la figure 5 montrent que l'importance relative de la fumure varie nettement avec les types de sol.

Importance de la fumure	Types de sols
Très forte	Rouges tropicaux
Moyenne	Vertisols
Moyenne à forte	Ferrugineux tropicaux
Moyenne à faible	Peu évolués alluviaux
Faible	Halomorphes

Les sols peu évolués alluviaux ont une réponse moyenne à faible aux engrais. Il semble que dans les conditions de milieu et de technique culturale considérée, la fumure minérale ne soit pas le facteur limitant le plus important. Toutefois, le surplus de récolte obtenue avec les engrais est appréciable (300 kg/ha), compte tenu du niveau de la production naturelle.

Les sols ferrugineux tropicaux présentent une grande variabilité dans la réponse à la fumure ; cette dispersion des résultats provient en partie des essais entachés d'erreurs signalés précédemment.

Les vertisols ont une réponse forte à la fumure minérale, qui constitue ici un facteur limitant important. Toutefois, les surplus de récolte moyens associés à une production naturelle faible, nous montrent que d'autres facteurs limitants relativement importants doivent agir sur les rendements.

Les sols rouges tropicaux ont une réponse à la fumure très forte associée à des surplus de rendement également très forts (800 à 1 200 kg/ha). L'emploi des engrais doit donc être vivement encouragé sur ce type de sol.

Les sols halomorphes ont une réponse moyenne à faible à la fumure associée à des surplus de récolte très faibles (200 kg/ha). Le potentiel minéral du sol ne semble pas être le facteur limitant le plus important. Ceci peut s'expliquer par les qualités physiques défavorables de ces sols. L'essai de ZILLING, sur lequel des méthodes culturales mieux adaptées ont été effectuées, montre d'ailleurs une réponse

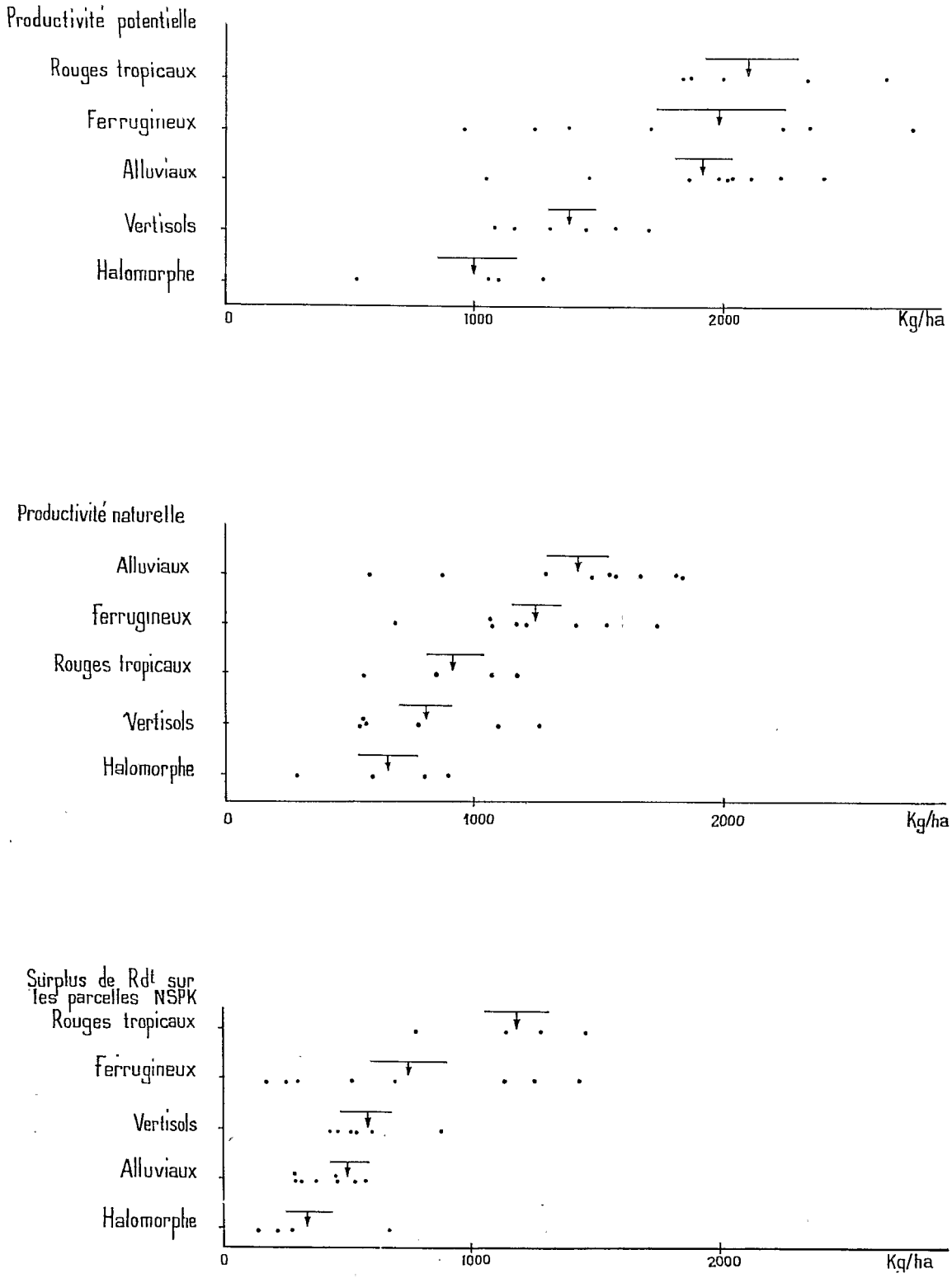


Fig. 5. — Productivité. Types de sols.

Tableau 6. — *Production et types de sols.*

Emplacement des essais	Production de coton-graine				Type de sol
	Avec engrais NSPK A kg/ha	Sans engrais B kg/ha	B en % de A	Gain de production A — B kg/ha	
GUÉTALÉ 1969	2 122	1 819	86	303	Peu évolués alluviaux
DJAODÉ 1969	1 996	1 669	84	327	
DOULO	1 861	1 554	63	307	
NGUETCHEVÉ	2 228	1 832	62	396	
MADAKA	2 040	1 571	77	469	
MÉMÉ 1968	2 024	1 480	73	544	
BALAZA	1 474	887	60	587	
YAGOUA 1969	1 052	589	56	463	
YAGOUA	2 409	1 291	54	1 118	
Moyenne	*1 912*	*1 410*	*73*	*502*	
Ecart type	*137*	*140*	*4*	*83*	
DOYANG 1968	1 253	1 072	86	183	Ferrugineux tropicaux
TOUBORO 1969	1 384	1 077	78	307	
LARA 1967	970	696	72	274	
DOYANG 1969	1 717	1 187	69	530	
FIGNOLÉ 1969	2 243	1 539	69	704	
YAGOUA	3 187	1 741	55	1 446	
TAALA	2 357	1 217	52	1 140	
MADINGRIN	2 778	1 415	51	1 363	
Moyenne	*1 986*	*1 243*	*66*	*743*	
Ecart type	*276*	*113*	*4*	*179*	
DJAODÉ 1968	1 067	902	84	165	Halomorphes
ZENGOYA 1968	1 109	818	74	291	
KITCHIMATARI	533	298	56	235	
ZILLING	1 287	606	47	681	
Moyenne	*999*	*656*	*65*	*843*	
Ecart type	*162*	*134*	*8*	*115*	
ADJIA	1 704	1 263	74	441	Vertisols
BADJOUMA 1967	1 514	1 100	70	474	
MESKIN	1 316	786	60	530	
BADJOUMA 1968	1 096	554	50	542	
LAM	1 174	561	48	613	
ZAKALANG	1 459	565	37	894	
Moyenne	*1 387*	*805*	*56*	*582*	
Ecart type	*96*	*126*	*5*	*66*	
DIAMLETINA 1967	1 879	1 084	58	795	Rouges tropicaux
DIAMLETINA 1968	2 659	1 184	44	1 476	
BIDZAR	2 007	852	42	1 155	
MBOURSOU	1 856	563	30	1 293	
Moyenne	*2 100*	*915*	*43*	*1 180*	
Ecart type	*187*	*148*	*5*	*144*	

nettement plus forte à la fumure et un surplus important (680 kg/ha).

En résumé, la nutrition minérale joue le rôle de facteur limitant plus ou moins important sur tous les sols étudiés, sauf sur les sols halomorphes pour lesquels des façons culturales appropriées doivent être mises au point.

332. Etude des déficiences minérales en tant que facteur limitant

La méthode soustractive nous permet de préciser la nature et l'importance relative des déficiences minérales, en ce qui concerne les éléments N, S, P, K et B, sur les essais pour lesquels la nutrition minérale est facteur limitant.

Azote

Les rendements des parcelles (— N) exprimés en pourcentage des parcelles NSPK (B) [tabl. 7] montrent que tous les sols étudiés sont plus ou moins déficients en azote. Deux essais font toutefois exception, DOYANG et ADJYA. Pour DOYANG, un épandage

tardif de l'engrais (à la floraison) a pu masquer l'action de l'azote ; en ce qui concerne ADJYA, nous avons vu précédemment que ce vertisol était bien pourvu en azote et matière organique.

Tableau 7. — *Rendement des parcelles (— N) en % du rendement des parcelles NSPK et diminution de la production à l'hectare à la suite de la suppression de l'azote.*

Emplacement des essais	Production de coton-graine des parcelles (— N)	
	% de NSPK	Chute avec — N kg/ha
Sols peu évolués alluviaux		
NGUÉTCHEWÉ	88*	268
MADAKA	79*	417
DOULO	78*	413
BALAZA	72*	415
MÉMÉ 1968	67*	667
YAGOUA 1968	58*	1 027
Moyenne	74	534
Vertisols		
ADJIA	98	41
LAM	81*	228
MESKINE	62*	505
BADJOUMA 1967	62*	592
BADJOUMA	55*	490
ZAKALANG 1968	52*	692
Moyenne	68	540
Sols rouges tropicaux		
DIAMLETINA 1967	82*	344
BIDZAR	56*	1 074
DIAMLETINA 1968	53*	1 237
MBOURSOU	44*	1 045
Moyenne	59	925
Sols ferrugineux		
DOYANG 1968	99	22
FIGNOLÉ	79*	476
LARA 1967	75*	246
Moyenne	84	248
Sols halomorphes		
ZONGOYA	73*	300

* Différence significative à P = 0,05.

Tableau 8. — *Rendement des parcelles (— S) en % du rendement des parcelles NSPK et diminution de la production à l'hectare à la suite de la suppression du soufre.*

Emplacement des essais	Productions de coton-graine des parcelles (— S)	
	% de NSPK	Chute avec — N kg/ha
Sols peu évolués alluviaux		
YAGOUA 1968	95	142
YAGOUA 1969	85	154
DOULO	93	129
NGUETCHEWÉ	94	133
GUÉTALÉ	87	271
MADAKA	99	23
BALAZA	92	120
DJAODÉ 1969	94	120
MÉMÉ	96	78
Moyenne	93	130
Vertisols		
ADJYA	92	13
MESKIN	85	200
ZAKALANG	96	61
LAM	99	11
	102	
BADJOUMA 1968		— 24
BADJOUMA 1967	90	163
Moyenne	94	71
Sols rouges tropicaux		
MBOURSOU	83	313
BIDZAR	72	568
DIAMLETINA 1968	78	589
DIAMLETINA 1967	90	186
Moyenne	81	414
Sols ferrugineux		
DOYANG 1968	105	56
DOYANG 1969	87	284
LARA 1967	105	— 49
YAGOUA	94	191
TALA	105	— 115
FIGNOLÉ	106	— 135
MADINGRIN	82	502
TOUBORO	100	— 2
Moyenne	98	70
Sols halomorphes		
KITCHIMATARI	104	— 21
	84	176
ZONGOYA	97	39
ZILLING		
Moyenne	95	65

La relation entre les types pédologiques et la réponse à l'azote ne semble pas très étroite ; cela provient du fait que la teneur en matière organique dépend en grande partie de la végétation naturelle ou des antécédents culturaux. Toutefois, le tableau 7 nous permet de dire qu'en règle générale les sols peu évolués alluviaux et ferrugineux tropicaux sont moins déficients que les vertisols et surtout les sols rouges tropicaux ; ces derniers sont très sensibles à l'action de l'azote, les rendements diminuent en moyenne de moitié lorsque cet élément est absent de la formule de fumure.

Soufre

Le tableau 8 nous montre que la majeure partie des sols étudiés ne sont pas déficients en soufre.

Seuls les sols rouges tropicaux accusent, dans leur ensemble, une déficience marquée par une chute de rendement de 20 à 30 % en l'absence de soufre. Cela peut provenir du fait que tous ces essais ont été conduits après débroussement.

Phosphore

Les rendements des parcelles sans phosphore par rapport aux parcelles à fumure complète permettent de regrouper les sols suivant leurs types pédologiques comme le montre le tableau 9.

— Les sols peu évolués alluviaux sont pourvus en phosphore.

— Les sols ferrugineux tropicaux sont un peu plus déficients.

— Les sols rouges tropicaux, les vertisols et les sols halomorphes accusent des déficiences très fortes.

Potassium

Les réponses au potassium sont pratiquement nulles sur tous les essais comme le montre le tableau 10.

Le potassium ne semble donc facteur limitant sur aucun sol ; cela peut provenir du fait que les essais ne sont cultivés de façon intensive que depuis un an.

Bore

Cet élément n'est inclus dans les essais soustractifs que depuis l'an dernier, aussi les résultats peu nombreux ne permettent-ils pas de conclure valablement.

Le tableau 11 montre seulement des déficiences significatives sur les essais de DJAODÉ et de KITCHIMATARI. Signalons toutefois que, sur tous les essais étudiés, des symptômes de déficiences ont été observés sur les pétioles.

33. RÉCAPITULATION

La nature des déficiences minérales et leur importance relative sont en relation assez étroite avec la classification pédologique pour l'élément phosphore. Pour l'azote, cette relation existe encore mais devient plus lâche. Enfin, le potassium ne semble pas, en

Tableau 9. — *Rendement des parcelles (— P) en % du rendement des parcelles NSPK et diminution de la production à l'hectare à la suite de la suppression du phosphore.*

Emplacement des essais	Production de coton-graine des parcelles (— P)	
	% de NSPK	Chute avec — P kg/ha
Sols peu évolués alluviaux		
MADAKA	102	45
DOULO	99	26
NGUETCHEWÉ	97	71
DJAODÉ 1969	92	82
MÉMÉ 1968	92	158
YAGOUA 1968	88	305
BALAZA	79	307
YANGARA 1969		154
Moyenne	92	131
Vertisols		
MESKINE	94	81
ADJIA	81	323
BADJOUMA 1968	62	420
ZAKALANG	39	887
LAM	37	724
BADJOUMA 1967	84	259
Moyenne	66	449
Sols rouges tropicaux		
BIDZAR	68	633
DIAMLETINA 1967	56	816
DIAMLETINA 1968	53	1 239
MBOURSOU	46	1 008
Moyenne	56	924
Sols ferrugineux		
MADINGRIN	98	65
YAGOUA	95	170
TAALA	90	242
LARA 1967	83	167
FIGNOLÉ	79	461
DOYANG 1969	75	489
DOYANG 1968	66	433
Moyenne	84	280
Sols halomorphes		
ZONGOYA 1968	78	244
KITCHIMATARI	50	265
ZILLING	45	709
Moyenne	58	406

Tableau 10. — *Rendement des parcelles (— K) en % du rendement des parcelles NSPK et diminution de la production à l'hectare à la suite de la suppression du potassium.*

Emplacement des essais	Production de coton-graine des parcelles (— K)	
	% de NSPK	Chute avec — K kg/ha
Sols peu évolués alluviaux		
MÉMÉ	96	83
NGUÉTCHEWÉ	102	— 46
YAGOUA 1968	92	218
GUÉTALÉ	101	— 13
DOULO	98	31
BALAZA	112	182
DJAODÉ 1969	99	193
Moyenne	99	41
Vertisols		
ZAKALANG	99	13
LAM	125	— 302
BADJOUMA 1968	93	79
BADJOUMA 1967	110	— 151
ADJYA	98	34
MESKIN	97	33
Moyenne		— 49
Sols rouges tropicaux		
MBOURSOU	120	— 383
BIDZAR	109	— 182
DIAMLETINA 1968	94	153
DIAMLETINA 1967	108	— 160
Sols ferrugineux		
DOYANG 1968	117	— 211
DOYANG 1969	98	41
LARA 1967	104	— 41
YAGOUA	108	— 267
MADINGRIN	98	43
FIGNOLÉ	105	— 116
TALA	102	52
TOUBORO	104	— 65
Moyenne	104	— 83
Sols halomorphes		
ZONGOYA	96	42
KITCHIMATARI	104	— 24
ZILLING	93	87

Tableau 11. — *Rendement des parcelles (— B) en % du rendement des parcelles NSPKB et diminution de la production à l'hectare à la suite de la suppression du bore.*

Emplacement des essais	Production de coton-graine des parcelles (— B)	
	% de NSPKB	Chute avec — B kg/ha
Sols peu évolués alluviaux		
YAGOUA	83	178
GUÉTALÉ	99	27
DJAODÉ	89	224
Moyenne	90	143
Sols ferrugineux		
DOYANG	97	58
YAGOUA 1969	103	89
TAALA	101	— 30
MADINGRIN	98	58
TOUBORO	103	42
Moyenne	100	— 9
Sols halomorphes		
KITCHIMATARI	64	1 894
ZILLING	102	263
Moyenne	83	81

première année de culture intensive, être un facteur limitant.

Pour le soufre, les déficiences apparaissent sur les sols rouges tropicaux en ouverture après une jachère de longue durée ; sur les autres sols, le soufre ne semble pas un facteur limitant.

Les symptômes foliaires de la déficience en bore sont signalés dans tous les sols étudiés. L'importance sur les rendements est assez faible. En culture intensive, le bore peut devenir rapidement un facteur limitant.

Nous avons représenté dans la figure 6 les déficiences moyennes en chaque élément par type de sol. Ce graphique permet de mieux saisir l'importance relative des éléments étudiés en tant que facteurs limitants par types de sol.

— Sols peu évolués alluviaux : déficience en azote. Les autres éléments ne sont pas des facteurs limitants de premier ordre.

— Sols ferrugineux : déficience en azote et en phosphore. Sauf dans quelques cas exceptionnels, les autres éléments ne sont pas facteur limitant.

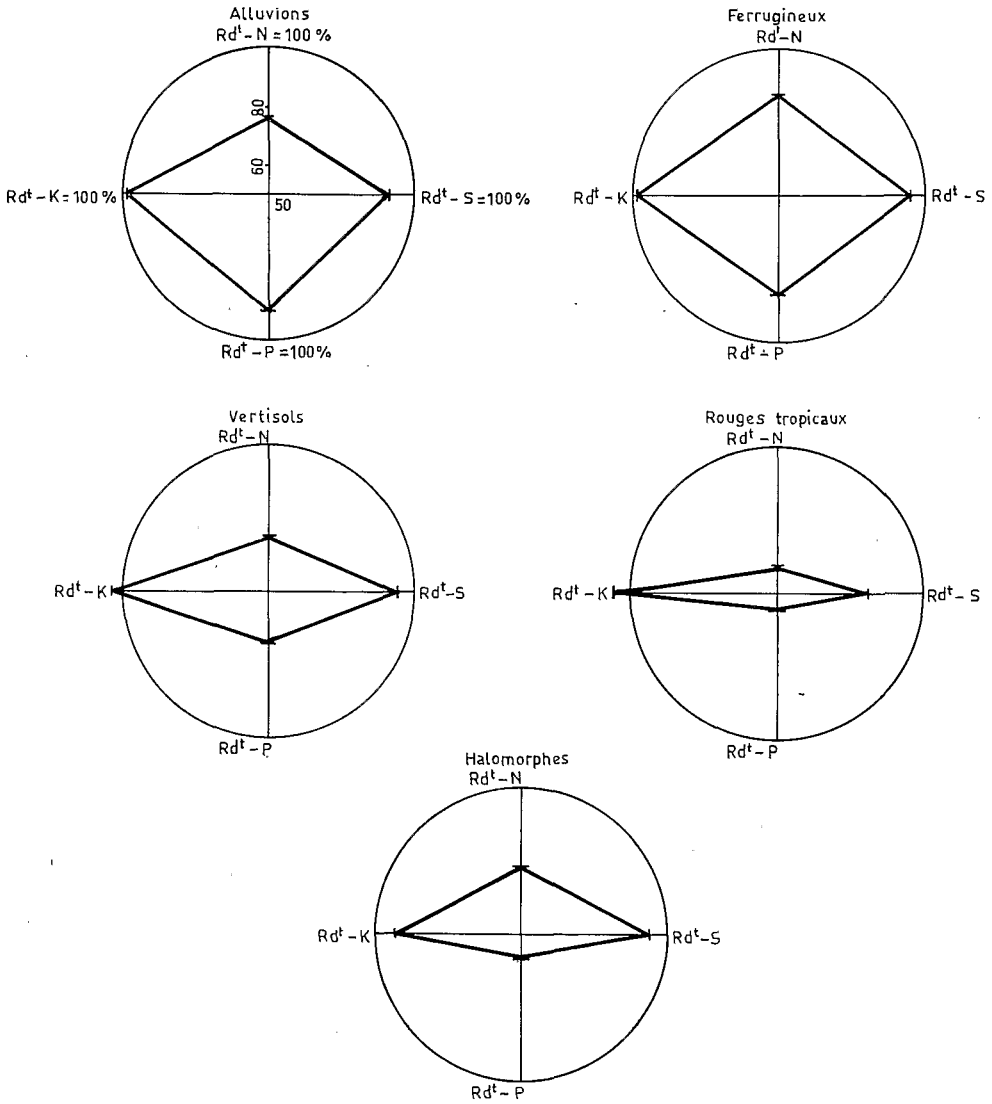


Fig. 6. — Déficiences minérales. Types de sols.

— Vertisols : déficience forte en azote et phosphore.
— Rouges tropicaux : déficience très forte en azote et phosphore, déficience secondaire en soufre.
— Sols halomorphes : déficience forte en phosphore et moins forte en azote. Il faut rappeler ici que la nutrition minérale n'est pas le seul facteur limitant, la correction des déficiences n'est pas suffisante pour obtenir de bons rendements.

34. RELATION ENTRE LES ANALYSES PÉDOLOGIQUES ET LA PRODUCTION DE COTON-GRAINE

La comparaison des rendements des différents objets et des analyses pédologiques doit permettre de tester la validité des méthodes analytiques employées. La mise en évidence d'une relation étroite permet dans un deuxième temps de proposer une échelle de fertilité pour l'élément considéré.

Parmi les éléments minéraux concernés par cette étude, seuls l'azote, le phosphore et la potasse ont été dosés dans les sols.

341. Azote

Les rendements des parcelles (— N) ne sont pas en relation avec le taux d'azote total des sols. Ce fait paraît tout à fait normal puisque la nutrition azotée des plantes ne peut se faire qu'à partir de la fraction minéralisée. Nous avons donc cherché à faire intervenir le rapport C/N, représentant grossièrement la plus ou moins bonne minéralisation de la matière organique, mais cela ne donne aucun résultat satisfaisant d'autant plus que le nombre d'essais comparables devient alors trop réduit.

342. Phosphore

Trois méthodes analytiques ont été employées pour le dosage du phosphore dans les sols, représentant le phosphore total, le phosphore Truog et le phosphore Olsen modifié.

Seul le phosphore OLSEN est en relation avec les rendements des parcelles n'ayant pas reçu cet élément dans la fumure (fig. 7). Le coefficient nous donne la relation :

$$Rd^t(-P) = 107{,}8 - \frac{1\,088}{P\ Ols.}$$

La moyenne des différences significatives, à P = 0,05, des rendements des parcelles — P exprimés en pourcentage des parcelles NSPK, est comprise dans l'intervalle 14,7 ± 2,8, c'est-à-dire entre 11,9 et 17,5. Ces calculs statistiques nous permettent de définir une zone critique :

$$82{,}5\ \% < Rd^t(-P) < 88{,}1\ \%$$

au-dessous de laquelle la déficience en phosphore est responsable de la chute de rendement. L'ajustement de la courbe montre alors que cette zone critique est atteinte pour :

$$43 < P\ Ols. < 55\ ppm.$$

Il est important de souligner que cette relation semble indépendante du type de sol et donc que le phosphore Olsen représente bien le phosphore assimilable, indépendamment des conditions du milieu pédologique, pour la culture cotonnière et sur les types de sols étudiés au Nord-Cameroun.

Différentes formes de phosphore

Pour essayer de préciser la partie du phosphore total utile aux plantes, nous avons étudié les diffé-

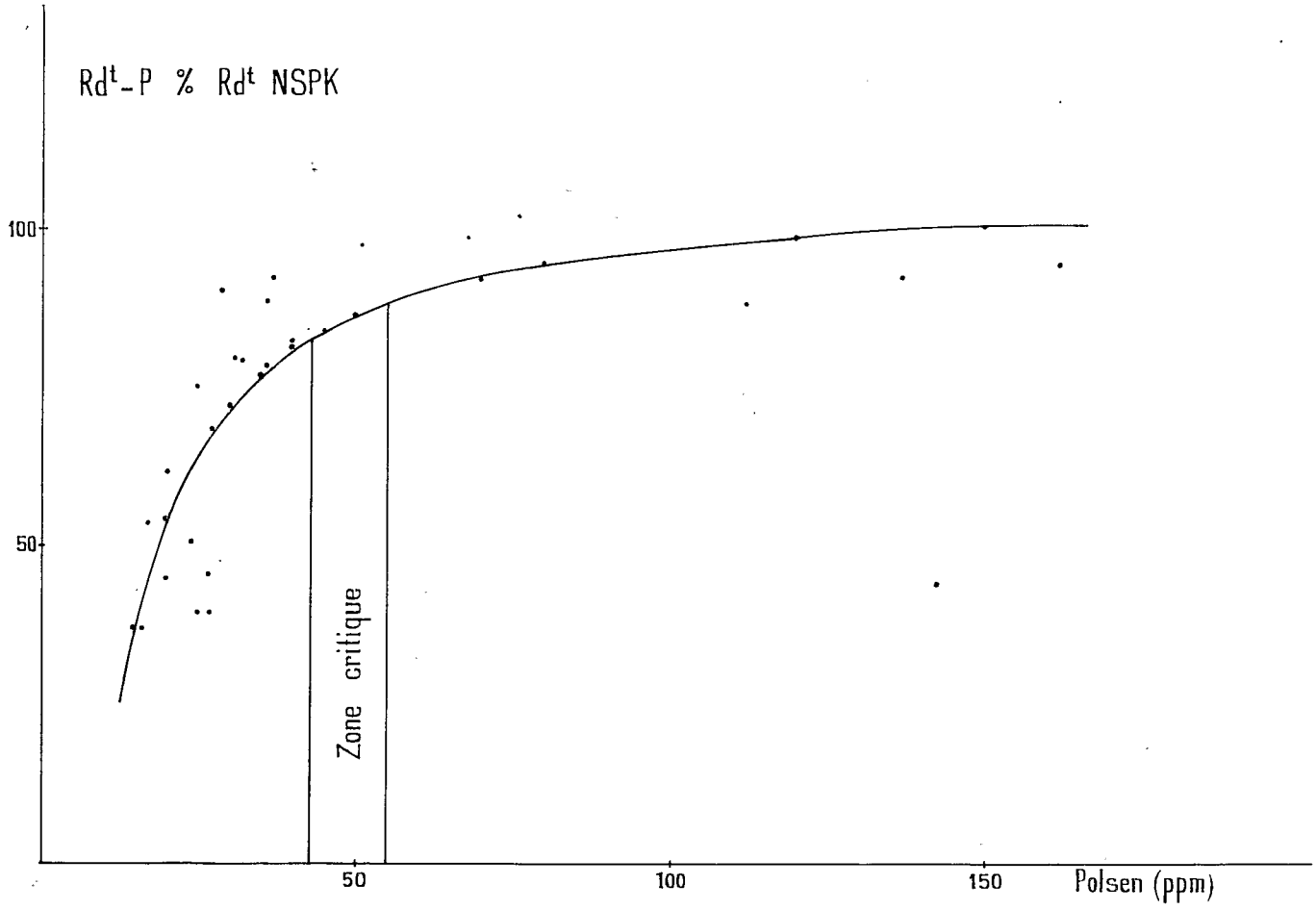


Fig. 7. — Relation phosphore Olsen - Rendement des parcelles — P.

rentes formes sous lesquelles se trouvait cet élément dans le sol. Si nous comparons le phosphore Olsen aux autres formes, nous pouvons déceler une certaine concordance entre celui-ci et la somme phosphore soluble + phosphate d'alumine et de fer. Il semblerait donc que ces formes soient les plus assimilables par les plantes puisqu'elles sont en concordance avec le phosphore Olsen et donc avec les rendements. En particulier, les vertisols, malgré des teneurs élevées en phosphates de calcium sont déficients en phosphore.

Enfin, nous avons étudié l'interaction azote-phosphore. Le rapport P Ols./N total a été comparé aux rendements des parcelles sans phosphore ou sans azote (tabl. 12). Les résultats montrent que les sols présentant une réponse faible à P et moyenne à N ont un rapport supérieur à 0,1 ; par contre, les sols à réponse forte aux deux éléments ont un rapport inférieur à 0,05.

343. Potassium

Les réponses à la fumure potassique étant pratiquement nulles sur tous les essais, il est impossible d'établir des relations entre les analyses pédologiques et les rendements. Logiquement, ces résultats tendent à montrer que tous les sols étudiés sont bien pourvus en potassium. Toutefois, il ne faut pas oublier que l'expérimentation concernant cette étude ne porte que sur une ou deux années de culture cotonnière intensive. Il nous faut donc être beaucoup plus prudent et ne pas tirer de conclusions trop hâtives. Nous avons montré précédemment que certains sols accusent analytiquement des déficiences.

35. RELATION ENTRE LES ANALYSES FOLIAIRES ET LA PRODUCTION DE COTON-GRAINE

351. Azote

Nous avons déjà souligné plus haut la grande dispersion des résultats analytiques. Il n'existe pas de relation entre ces résultats et la production de coton-graine.

352. Soufre

La figure 8 montre que la pente de la courbe de réponse au soufre est très faible, confirmant l'ab-

Tableau 12. — *Rendement des parcelles (— N) et (— P), en % du rendement des parcelles NSPK, en relation avec les teneurs en P Ols. et le rapport P Ols./N_T.*

Types de sols	Emplacement des essais	P Ols.	P Ols./N_T	Production coton-graine en % de NSPK		
				des parcelles (— P)	des parcelles (— N)	
Peu évolués alluviaux	YAGOUA	112	0,24	88,2	58,2	Réponse faible à P
	MÉMÉ	137	0,34	92,5	67,1	Réponse moyenne à N
	DOULO	58	0,12	98,6	77,8	
	MADAKA	76	0,16	102,2	79,5	
	BALAZA	32	0,10	79,1	71,8	
	DJAODÉ	70	0,23	92	—	
Vertisols	ADJYA	40	0,06	81,2	97,6	
Ferrugineux	YAGOUA	162	0,54	94,6	—	Réponse moyenne à P et à N
	LARA	36	0,09	88,4	100	
	FIGNOLÉ	31	0,05	79,4	78,8	
	GUIDIGUIS	31	0,11	*ns*	*ns*	
	DOYANG	25	0,04	75,0	—	
	MADINGRIN	51	0,17	97,7	—	
	TAALA	29		90		
Rouges tropicaux	MBOURSOU	20	0,05	45,7	43,7	Réponse forte à N et P
	BIDZAR	27	0,04	68,4	46,5	
	NDIAMLETINA	17	0,03	53,4	53,5	
Vertisols peu développés	ZAKALANG	27	0,05	39,2	52,5	
	BADJOUMA	20	0,05	61,6	55,5	
	LAM	16	0,05	36,9	80,6	
Halomorphes	DJAODÉ	37	0,09	92,3	110	
	KITCHIMATARI	24	0,04	50,3	—	
	ZONGOYA	32	0,10	78,1	73	
	ZILLING	20	0,07	44,9	—	

sence de déficience soufrée très marquée au Nord-Cameroun. Les teneurs inférieures au niveau critique (0,30 % S) sont exceptionnelles.

Tableau 13. — *Rendement des parcelles (— S) en % du rendement des parcelles NSPK et teneur en soufre des feuilles.*

Emplacement des essais	Teneur en S des feuilles en % de matière sèche	Rendement des parcelles (— S) en % de NSPK
Sols peu évolués alluviaux		
YAGOUA 1968	0,35	35
YAGOUA 1969	1,20	85
DOULO	0,64	93
NGUETCHEWÉ	0,40	94
NGUÉTALÉ 1969	0,23	87
DJAODÉ 1969	0,61	94
MÉMÉ 1968	0,48	96
ZONGOYA		
Moyenne	0,53	93
Vertisols		
ADJIA	0,42	99
MESKIN	0,30	85
DODJOUMA 1967	0,23	90
Moyenne	0,32	91
Sols rouges tropicaux		
MANSON	0,22	83
BIDZAR	0,16	72
DIAMLETINA	0,24	90
DIAMLETINA	0,33	78
Moyenne	0,24	81
Sols ferrugineux		
DOYANG 1969	0,20	87
LARA 1967	0,27	105
LARA 1968	0,74	82
YAGOUA	0,36	94
TAALA	0,47	105
FIGNOLÉ	0,19	106
TOUBORO	0,22	100
Moyenne	0,36	97
Sols halomorphes		
KITCHIMATARI	0,29	104
DJAOUDÉ 1968	0,66	102
ZILLING	0,67	97
Moyenne	0,54	101

353. Phosphore

La figure 9 montre une relation étroite entre les rendements des parcelles (— P) exprimés en pour-

Tableau 14. — *Rendement des parcelles (— P) en % du rendement des parcelles NSPK et teneur en P des feuilles.*

Emplacement des essais	Teneur en P des feuilles en % de matière sèche	Rendement des parcelles (— P) en % de NSPK
Sols peu évolués alluviaux		
YAGOUA 1968	0,63	88
YAGOUA 1969	0,46	87
DOULO	0,26	99
NGUETCHEWÉ	0,48	97
GUÉTALÉ		98
ZONGOYA 1967	0,24	70
Moyenne	0,31	90
Vertisols		
ADJIA	0,20	81
MESKIN	0,26	94
BADJENNE 1967	0,28	84
Moyenne	0,20	86
Sols rouges tropicaux		
MBOURSOU	0,16	46
BIDZAR	0,26	68
DIAMLETINA	0,20	56
DIAMLETINA	0,18	53
Moyenne	0,16	56
Sols ferrugineux		
DOYANG 1968	0,25	75
LARA 1967	0,28	83
LARA 1968	0,24	88
YAGOUA	0,20	95
TAALA	0,53	90
Moyenne	0,24	85
Sols halomorphes		
KILCHI	0,17	50
DJAODÉ	0,32	92
ZILLING		
Moyenne	0,21	62
Schistes		
BABOURI	0,49	78

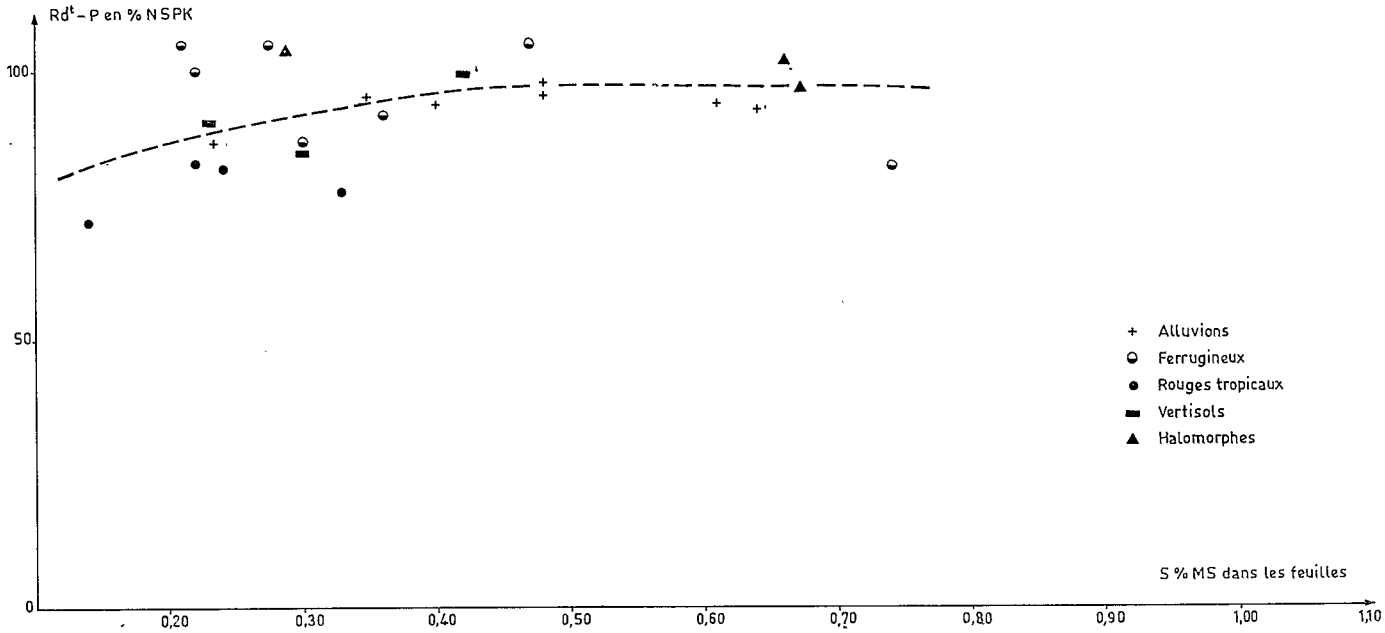


Fig. 8. — Rendement des parcelles — S. Analyses foliaires.

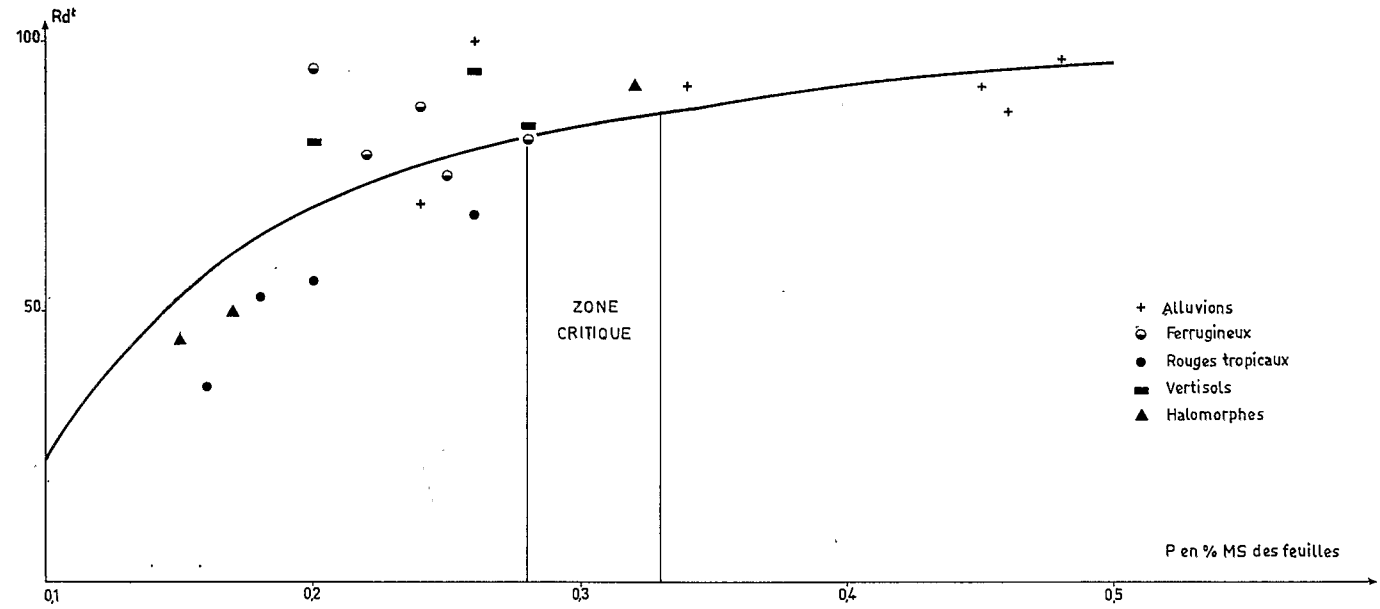


Fig. 9. — Rendement des parcelles — P. Analyses foliaires.

centage des rendements obtenus sur les parcelles NSPK et la teneur en phosphore (Po) des feuilles des parcelles sans engrais. Cette teneur Po fournit une information sur la richesse initiale en phosphore du milieu indépendamment de tout apport de fumure minérale. Le coefficient de corrélation est de 0,745 et l'ajustement à une fonction hyperbolique nous donne la relation :

$$\text{Rendement } (-P) = 115{,}74 - \frac{9{,}36}{Po}$$

La zone critique des rendements (— P) au-dessous de laquelle on observe une réponse significative au

phosphore est comprise entre 82,5 et 88,1 : cela permet de définir un niveau critique du phosphore compris entre 0,28 et 0,34 % de la matière sèche.

Il devient alors possible de recueillir des informations nombreuses sur la déficience en phosphore en effectuant un grand nombre de prélèvements foliaires sur des champs qui n'ont pas encore reçu d'engrais.

354. Bore

Les résultats expérimentaux sont encore trop peu nombreux pour pouvoir établir une relation entre les dosages foliaires de bore et les rendements des parcelles (— B).

Il semble que cette déficience n'ait pas une grande incidence sur les rendements moyens.

4. - CONCLUSION

Cette étude a permis de préciser l'existence de relations assez étroites entre les déficiences minérales, mises en évidence par la méthode soustractive, les analyses foliaires et pédologiques d'une part et la nature pédogénétique des sols d'autre part.

• L'étude de la production naturelle a montré que cette dernière était :

— bonne sur les sols peu évolués alluviaux (1 410 kg par ha) ;

— moyenne sur les ferrugineux tropicaux (1 240 kg par ha) ;

— faible sur les vertisols, sols rouges tropicaux et sols halomorphes (800, 910 et 660 kg/ha).

• La production potentielle des sols rouges tropicaux (2 100/kg) montre que la faiblesse de leur production naturelle est due pour une très large part aux déficiences minérales.

La fumure minérale entraîne une augmentation de rendement :

— forte sur les sols rouges tropicaux (1 200/kg) ;

— bonne sur les sols ferrugineux (740/kg) ;

— moyenne sur les sols peu évolués alluviaux et sur les vertisols (500 et 580/kg) ;

— faible sur les sols halomorphes (340/kg).

• La nature et l'importance des éléments qui jouent un rôle dans la nutrition minérale sont précisées dans le tableau suivant en fonction de la nature pédologique des sols.

Types de sol	Nature et importance des déficiences		
	N	S	P
Peu évolués d'apport sur alluvions	++	±	±
Ferrugineux tropicaux	++	+	++
Vertisols	+++	±	+++
Rouges tropicaux	+++	++	+++
Halomorphes	++	+	+++

± Très faible ++ Moyen
+ Faible +++ Fort

Cette étude portant sur des sols aux caractéristiques très différenciées (cinq classes pédologiques sont représentées), semble mettre en évidence une influence importante de la nature pédogénétique des sols sur la nutrition minérale du cotonnier en ce qui concerne le phosphore. Ce résultat ne préjuge nullement de l'influence des techniques culturales intensives pouvant être pratiquées dans l'avenir.

Nous proposons pour le phosphore les niveaux critiques suivants :

— Po dans les feuilles : 0,30 ± 0,03 % de la matière sèche ;

— P Olsen dans le sol : 50 ± 5 ppm.

Ces résultats soulignent l'importance des travaux pédologiques ; en particulier, les cartes dressées depuis plusieurs années dans le Nord-Cameroun apparaissent comme des documents indispensables à la planification de l'emploi des engrais. Les analyses foliaires et de sol sont susceptibles d'apporter des informations supplémentaires pour préciser l'influence des techniques culturales sur l'évolution des déficiences minérales en fonction des différentes classes de sols étudiés.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont facilité notre travail sur le terrain et en particulier la Direction de la C.F.D.T. au Cameroun, ainsi que les Chefs de région et de secteur de cette compagnie, les Maisons Rurales de FIGNOLE et de TOUBORO, ainsi que le Chef de secteur SEMNORD de BA-BOURI.

BIBLIOGRAPHIE

BRAUD M., 1967 — La détermination des déficiences minérales dans la nutrition du cotonnier. *Colloque sur la fertilité des sols tropicaux,* Tananarive, nov. 1967, 198-209.

DABIN R., 1963. — Appréciation en phosphore dans les sols tropicaux. *Cahiers O.R.S.T.O.M.* Pédol., 1, 3, 27-42.

DABIN R., 1967. — Sur une méthode d'analyse du phosphore dans les sols tropicaux. *Colloque sur la fertilité des sols tropicaux,* Tananarive, nov. 1967, 1, 99-115.

DABIN R., 1970. — Méthode d'étude de la fixation du phosphore sur les sols tropicaux. *Cot. Fib. trop.*, 25, 2, 213-234.

FRITZ A., 1968-1969 - GUIBERT P., 1967. — Rapports annuels de la section d'Agronomie I.R.C.T. Maroua (non publiés).

MARTIN D., 1961. — Carte pédologique du Nord-Cameroun au 1/100 000. Feuille MORA, 100 p., 1 carte pédologique, 1 carte d'utilisation des sols au 1/100 000, 1 carte pédologique au 1/50 000.

MARTIN D., 1962. — Reconnaissance pédologique dans le département de la BENOUÉ. 46 p., 1 carte de reconnaissance au 1/1 000 000, tableaux d'analyses.

MARTIN D., 1963. — Carte pédologique du Nord-Cameroun au 1/100 000. Feuille KAÉLÉ. 100 p., 1 carte pédologique, tableaux d'analyses.

SEGALEN P., 1962. — Carte pédologique du Nord-Cameroun au 1/100 000. Feuille MAROUA, 67 p., 1 carte pédologique et 1 carte d'utilisation des sols au 1/100 000, 1 carte pédologique au 1/50 000.

SEGALEN P., M. VALLERIE, 1963. — Carte pédologique du Nord-Cameroun au 1/100 000. Feuille MOKOLO, 1 carte pédologique et 1 carte d'utilisation des sols au 1/100 000, 2 cartes pédologiques au 1/50 000, tableaux d'analyses.

SIEFFERMANN G., 1963. — Carte pédologique du Nord-Cameroun au 1/100 000. Feuille KALFOU, 65 p., 1 carte pédologique au 1/100 000.

SIEFFERMANN G., M. VALLERIE, 1963. — Carte pédologique du Nord-Cameroun au 1/100 000. Feuille de YAGOUA. 70 p., 1 carte pédologique au 1/100 000, 1 carte pédologique au 1/50 000, tableaux d'analyses.

SIEFFERMANN G., D. MARTIN, 1963. — Carte pédologique du Nord-Cameroun au 1/100 000. Feuille MOUSGOY. 102 p., 1 carte pédologique au 1/100 000, 1 carte pédologique au 1/50 000, 1 carte pédologique au 1/5 000, tableaux d'analyses.

SIEFFERMANN G., 1964. — Carte pédologique du Nord-Cameroun au 1/50 000. Feuille PITOA. 51 p., 1 carte d'utilisation des sols au 1/50 000, tableaux d'analyses.

VALLERIE M., 1964. — Carte pédologique du Nord-Cameroun au 1/50 000. Feuilles BIDZAR et GUIDER. 70 p., 2 cartes pédologiques et 2 cartes d'utilisation des sols au 1/50 000, tableaux d'analyses.

SUMMARY

Since 1967, cotton mineral fertilizing has been constituting one of the essential aims of I. R. C. T. programme of agronomy in North-Cameroun. Taking in consideration the existing pedological inventory, the study of an eventual relationship between the type of soil-mineral fertilizing has been undertaken in view of facilitating the generalization of the results obtained with multilocal trials and also to contribute to the disseminating of the techniques proposed.

Tentatively, in view of solving this problem, three investigating methods (pedological and foliar analyses and field trials with the substractive method) have been applied on the various types of soil chosen for their regional representative character, their socio-economical importance and their favourable aptitude for cotton growing.

This study has permitted to define the fairly close relations existing between mineral deficiencies, natural and potential productivity, foliar and pedological analyses on the one hand and, on the other hand, the pedogenetical nature of soils. These results emphasize in particular the importance offered by pedological documents for studying and planning the use of fertilizers.

RESUMEN

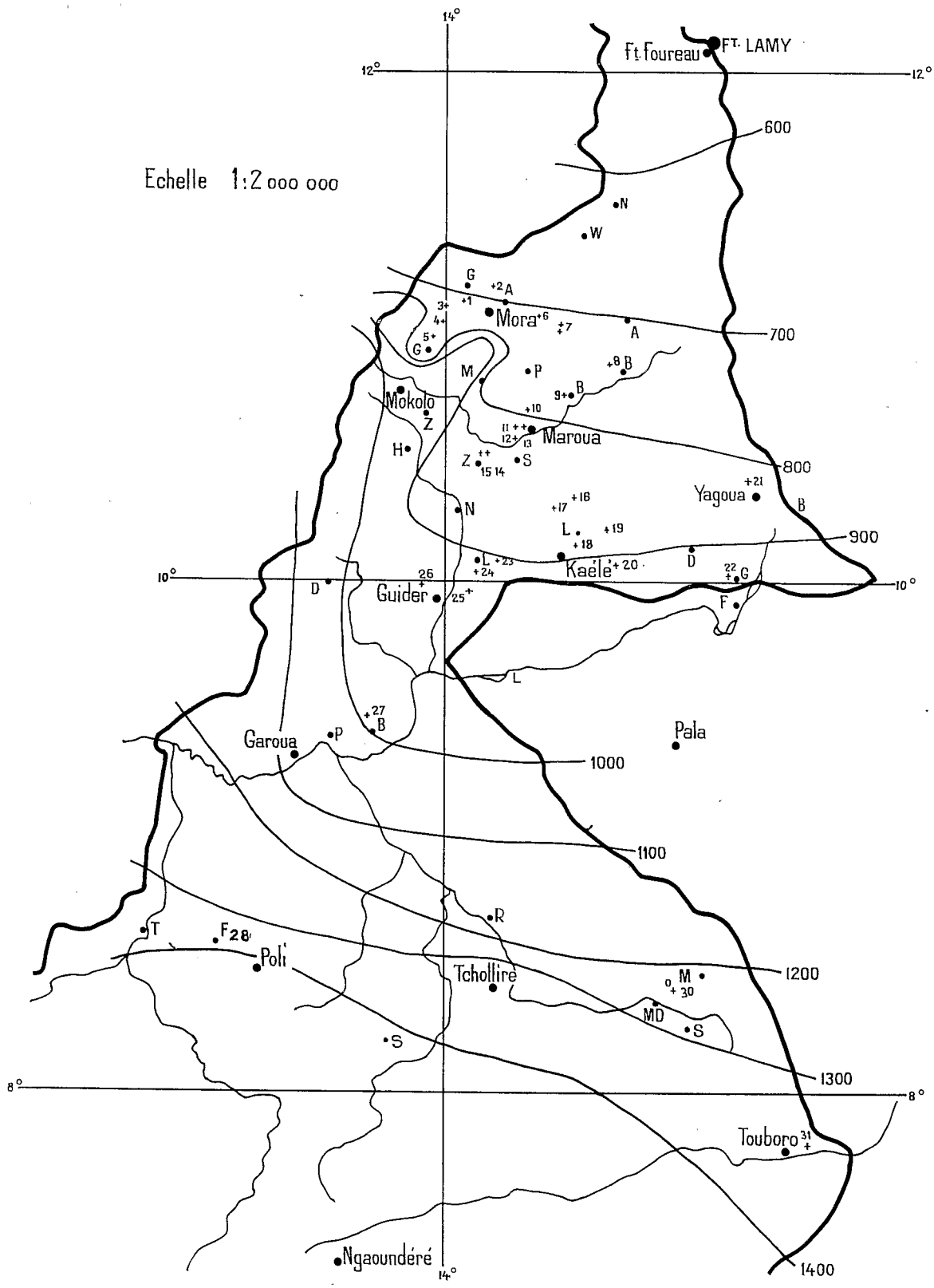
Desde 1967, la fertilización mineral del algodonero constituye uno de los objetivos esenciales del programa de agronomía del I. R. C. T. en el norte del Camerún. Teniendo en cuenta el inventario pedológico existente, se ha emprendido el estudio de un enlace eventual tipo de suelo-fertilización mineral con objeto de facilitar la generalización de los resultados obtenidos en ensayos puntuales, y también de contribuir a la vulgarización de las técnicas propuestas.

Para intentar resolver este problema, tres métodos de investigaciones (análisis pedológicos y foliares y ensayos en los campos por el método sustractivo) se han aplicado en los principales tipos de suelos elegidos por su representatividad regional, su importancia socio-económica y su aptitud favorable al cultivo algodonero.

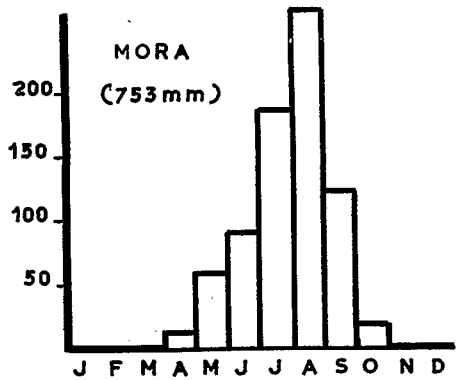
Este estudio ha permitido precisar la existencia de relaciones bastante estrechas entre las deficiencias minerales, la productividad natural y potencial, los análisis foliares y pedológicos por un lado, y la naturaleza pedogenética de los suelos por otro. Estos resultados ponen de relieve en particular la importancia de los documentos pedológicos para el estudio y la planificación del empleo de los abonos.

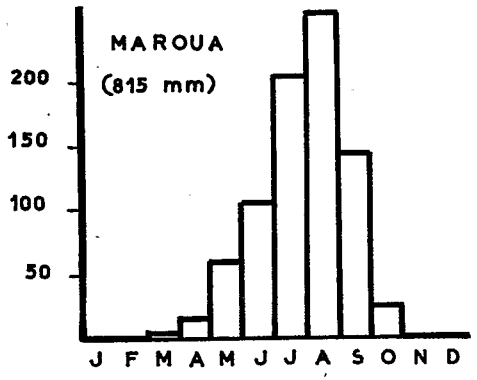
Annexe 1. — *Implantation des essais.*

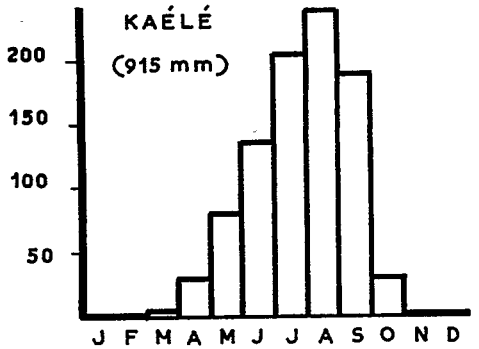
Types de sol	Zone cotonnière	Pluviométrie moyenne	Pluviométrie année d'essai	Essai Localité	Essai N°	Campagne 1967	Campagne 1968	Campagne 1969
Peu évolués d'apports sur alluvions	MORA	656	757	YAGOUA	1		x	x
		722	687	DOULO	2		x	
		782	824	NGUETCHEWÉ	4	x		
		835	853	GUÉTALÉ	5			x
		756	767	DJAODÉ	7			x
		732	808	MÉMÉ	6		x	
Ferrugineux tropicaux	MAROUA	669	694	MADAKA	8		x	
				BALAZA	9		x	
		806	586	MAROUA	11	x		
		852	745	ZONGOYA	14	x		
	KAÉLÉ-GUIDER	764	748/804	DOYANG	16		x	x
		890	811	LARA	18	x	x	
	KALFOU	804	862	GUIDIGUIS	19		x	
		869	790	YAGOUA	21			x
		933	1 008	TAALA	22			x
	FARO	1 280	1 311	FIGNOLÉ	29		x	
	TCHOLLIRÉ		1 346	MADINGRIN	30			x
	TOUBORO	1 341	1 546	TOUBORO	31			x
Rouges tropicaux	KAÉLÉ-GUIDER		750	MBOURSOU	23		x	
		787	735	BIDZAR	25		x	
		954	749/780	DIAMLETINA	26	x	x	
Vertisols	MAROUA		698	ADJIA	10		x	
			566	MESKIN	13	x		
	KAÉLÉ-GUIDER		750	ZAKALANG	17		x	
			819	LAM	24		x	
	BÉNOUÉ		800/1000	BADJOUMA	28	x	x	
Halomorphes	MORA		800	KITCHIMATARI	3			x
		756	706	DJAODÉ	7		x	
	MAROUA	852	909	ZONGYA	15		x	
			887	ZILING	12			x
Peu évolué	GUIDER	1 100	1 317	BABOURI	27			x

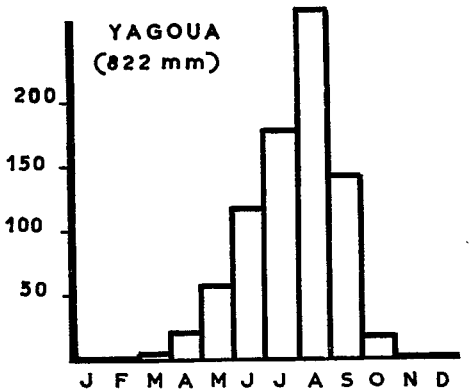


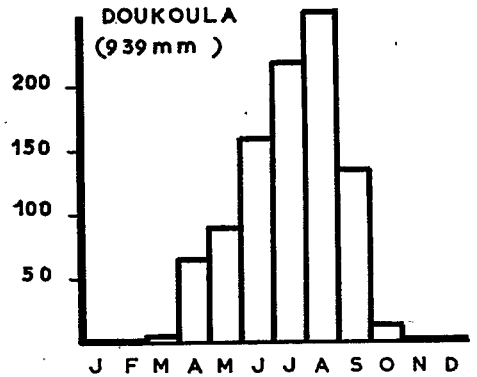
Annexe 2. — Isohyètes annuelles moyennes en mm et réseau des essais soustractifs.

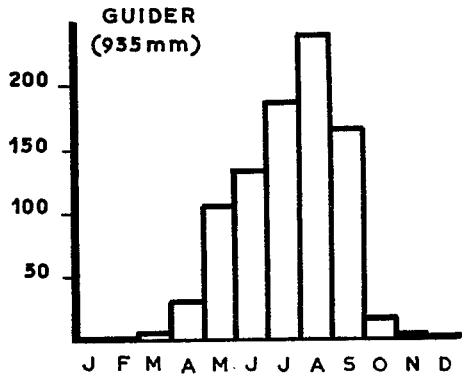


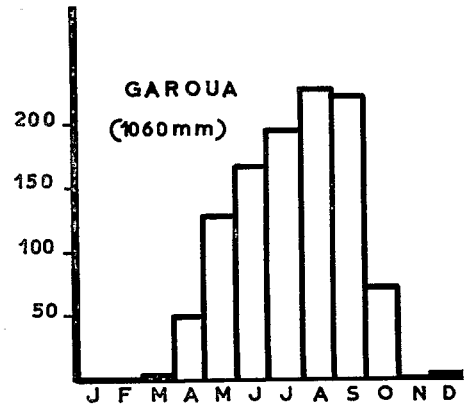


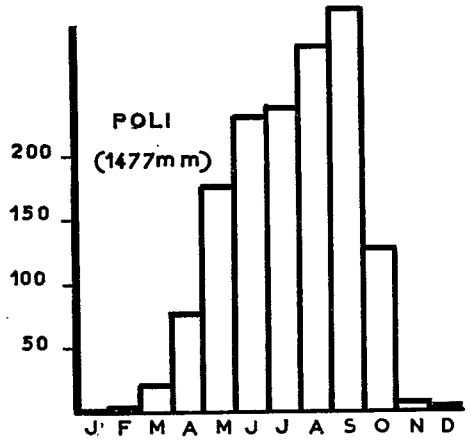


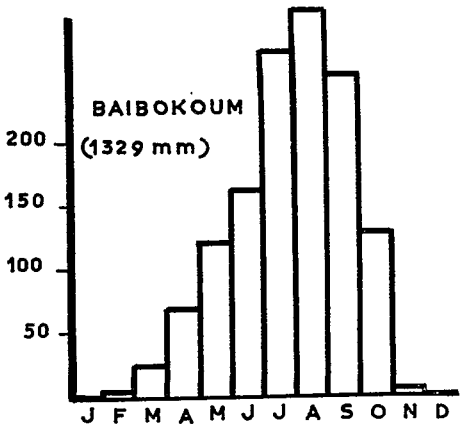












Annexe 3. — Précipitations moyennes mensuelles.