

REPUBLIQUE FEDERALE
DU CAMEROUN

CONTRIBUTION A L'ETUDE DES DEFICIENCES
MINERALES SOUS CULTURE COTONNIERE
DU NORD-CAMEROUN

A. FRITZ

INSTITUT DE RECHERCHES DU COTON
ET DES TEXTILES EXOTIQUES
STATION DE MAROUA

M. VALLERIE

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER
CENTRE DE YAOUNDE

REPUBLIQUE FEDERALE
DU CAMEROUN

CONTRIBUTION A L'ETUDE DES DEFICIENCES
MINERALES SOUS CULTURE COTONNIERE
AU NORD-CAMEROUN

A. FRITZ
INSTITUT DE RECHERCHES DU COTON
ET DES TEXTILES EXOTIQUES
STATION DE MAROUA

M. VALLERIE
OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER
CENTRE DE YAOUNDE

S O M M A I R E

	Pages
INTRODUCTION	1
I - LE MILIEU NATUREL	2
11. Caractéristiques générales du Nord-Cameroun	3
12. Différentes catégories de sols - Caractéristiques physico-chimiques	3
- Localisation et importance relative	3
121 - Sols peu évolués d'apport	3
122 - Vertisols	4
123 - Sols ferrugineux tropicaux	5
124 - Sols rouges tropicaux	7
125 - Sols halomorphes	7
126 - Sols hydromorphes	9
13. Principales zones cotonnières	10
131 - Plaine de Mora - Morphologie	10
- Roches-mères	10
- Climatologie	10
- Sols	10
132 - Diamaré	11
133 - Mayo Danaï	13
134 - Nord Bénoué	14
135 - Centre Bénoué	15
136 - Sud Benoué	16
2 - METHODOLOGIE EXPERIMENTALE	18
21. Profil cultural	18
22. Analyses des sols	18
23. Analyses foliaires	20
24. Essais au champ par la méthode soustractive	20
3 - RESULTATS EXPERIMENTAUX	23
31. Profils culturaux	23
32. Résultats analytiques	24
4 - INTERPRETATION ET DISCUSSION DES RESULTATS	29
41. Relation - analyses pédologiques-type de sol : Fertilité naturelle	29
411 - Propriétés physiques	29
412 - Profils culturaux	30
413 - Propriétés chimiques	31
414 - Fertilité	35

42.	Relation Analyses foliaires - types de sols	36
	421 - Azote	38
	422 - Soufre	38
	423 - Phosphore	38
	424 - Potassium	38
	425 - Bore	38
	426 - Conclusion	38
43.	Relation Production coton graine - Type de sols	39
	431 - Productivité naturelle et potentielle : Importance de la nutrition minérale en tant que facteur limitant	39
	432 - Etude des déficiences minérales en tant facteurs limitants	42
	- Azote	43
	- Soufre	44
	- Phosphore	44
	- Potassium	45
	- Bore	46
	433 - Récapitulation	47
	434 - Facteurs limitants autres que la nutrition minérale	48
	- Eau	
	- Techniques culturales.	
44.	Relation analyses pédologiques - Production coton graine	49
	441 - Azote	49
	442 - Phosphore	49
	443 - Potassium	52
45.	Relation analyses foliaires - Production coton-graines	52
	451 - Azote	52
	452 - Soufre	52
	453 - Phosphore	53
	454 - Bore	54
5.	CONCLUSION	55

A V A N T - P R O P O S

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, les chefs de région et de secteur de cette Compagnie et les Maisons Rurales de Fignole et de Touboro.

Nous remercions également Monsieur BRAUD, Directeur Adjoint de la division d'Agronomie, de l'I.R.C.T. pour ses conseils et critiques prodigués tout au long de notre étude.

I N T R O D U C T I O N

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'ORSTOM dès 1950 et ont permis d'inventorier les sols du Nord-Cameroun. C'est ainsi que toutes les régions situées au Nord du 10° parallèle ont été cartographiées à l'échelle du 1/100.000e et qu'actuellement se termine la reconnaissance pédologique à l'échelle du 1/200.000e des zones situés entre le 8° et le 10° parallèle Nord (Bassin camerounais de la Bénoué). 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.

Une collaboration plus étroite entre Agronome de l'I.R.C.T. et Pédologue de l'O.R.S.T.O.M. s'est révélée dès lors indispensable, pour 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.

RÉGIONS NATURELLES



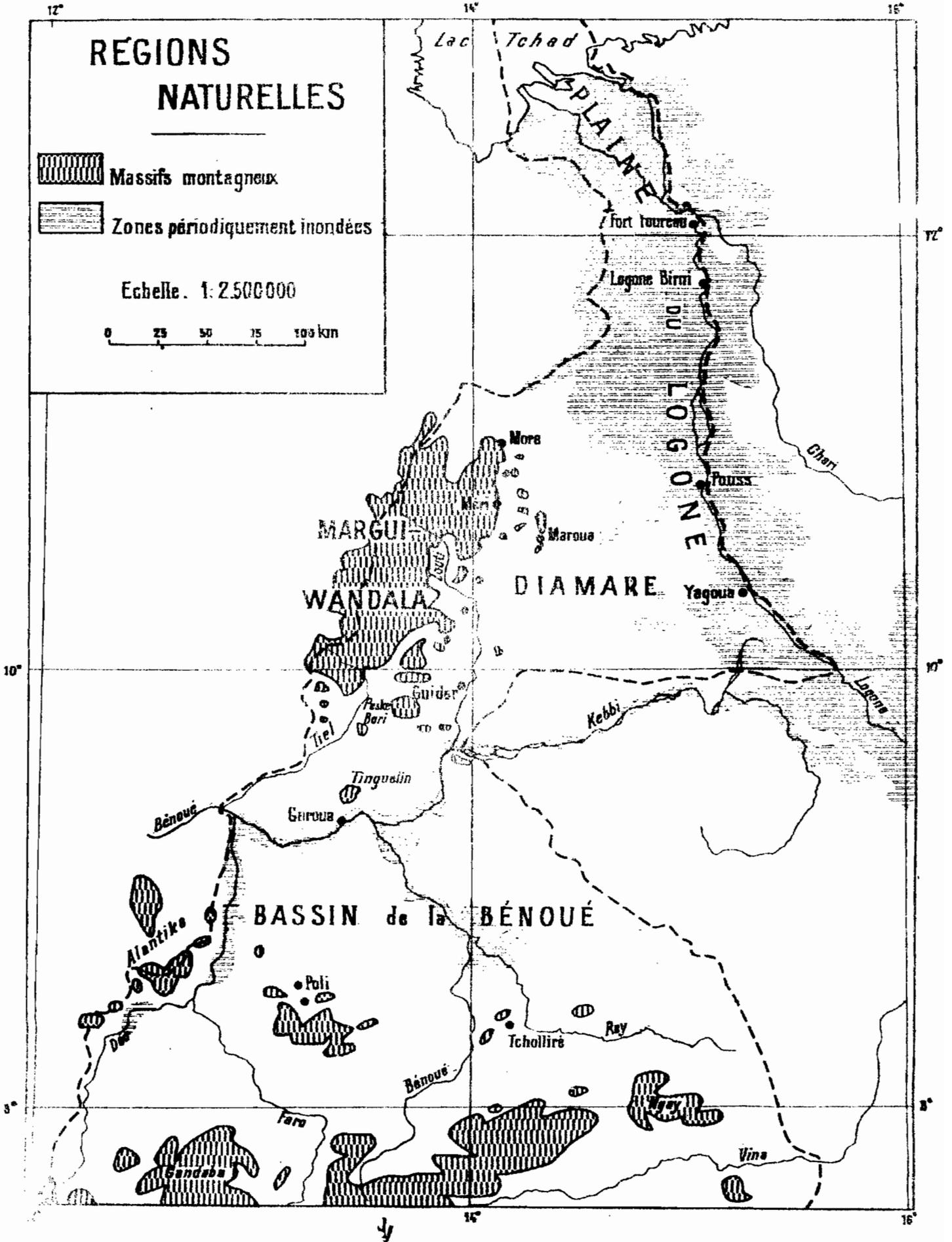
Massifs montagneux



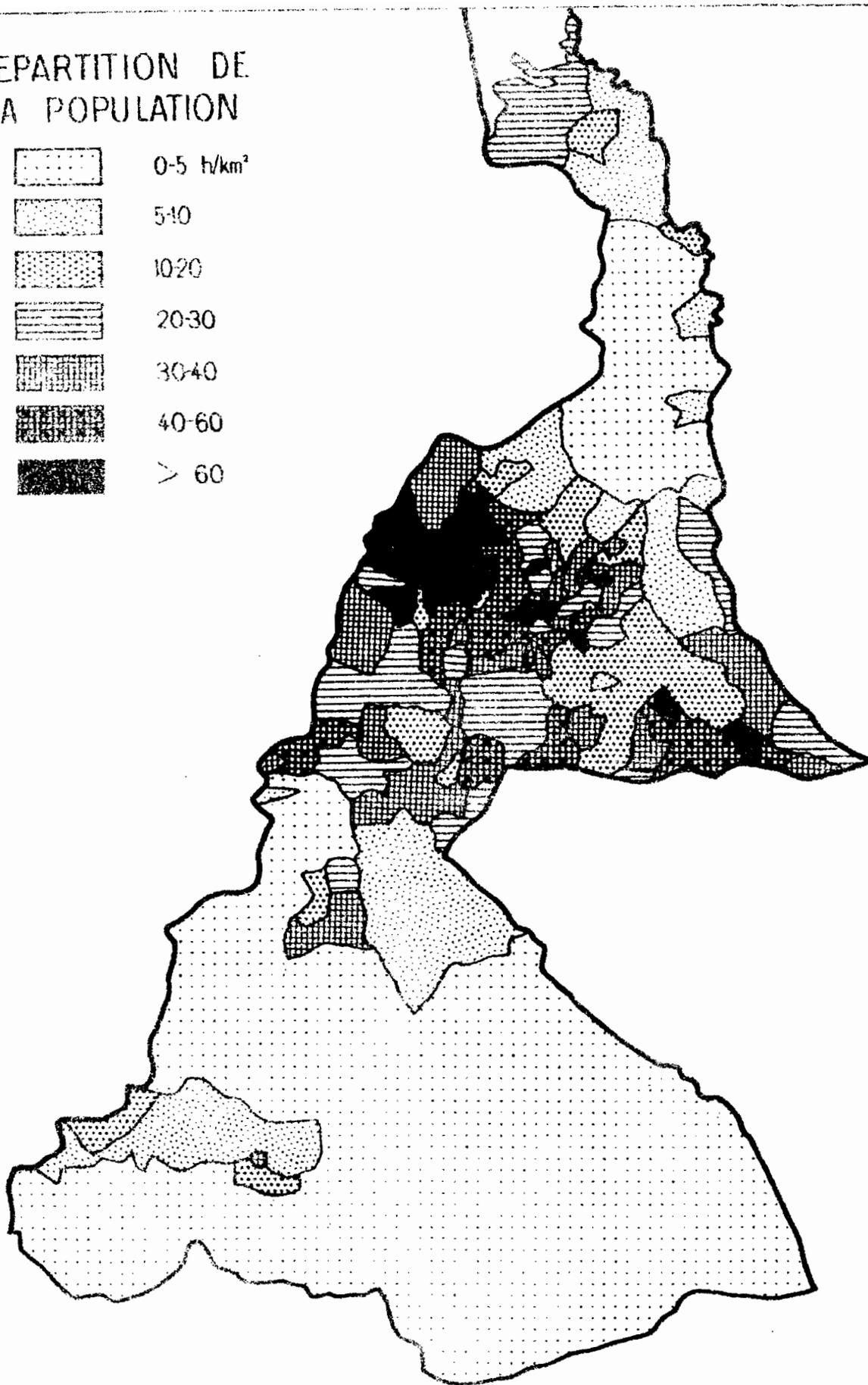
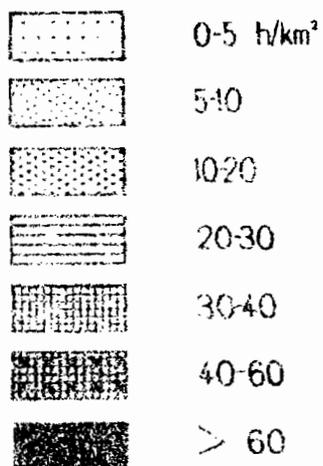
Zones périodiquement inondées

Echelle. 1:2.500.000

0 25 50 75 100 km



REPARTITION DE LA POPULATION



1.- LE MILIEU NATUREL

11. Caractéristiques générales du Nord-Cameroun

Limitée au sud par les contreforts du haut plateau de l'Adamaoua (8° de latitude Nord) et au nord par la bordure méridionale du lac Tchad (13° de latitude Nord), la région étudiée couvre une superficie d'environ 100.000 km².

Quatre entités géographiques peuvent être distinguées.

La région de la Bénoué ; vaste cuvette dont le centre est constitué par de grandes plaines alluviales et dont les bords s'élèvent progressivement pour former les pénéplaines de Guider au nord et de Poli Tcholliré au sud.

Les montagnes de Margui Wandala : massif montagneux de 900 m d'altitude, le long de la frontière nigérienne, qui se fragmente en massifs isolés délimitant de hautes plaines vers la Bénoué et le Diamaré.

La plaine du Diamaré : en pente très faible vers l'est et le nord-est, et parsemée, surtout dans sa partie occidentale, de petits reliefs isolés.

La plaine du Logone vaste plaine inondable présentant un paysage particulier de prairie gramineenne, les yaérés.

Le climat du Nord-Cameroun est caractérisé par une saison sèche dont la durée croît progressivement du sud (5 mois) vers le nord (9 à 10 mois) et une saison des pluies qui a son maximum en août. La pluviométrie annuelle varie de 1500 mm environ au sud à moins de 500 mm sur le lac-Tchad.

La population est irrégulièrement répartie. La densité moyenne de 0 à 5 habitants/km² dans la Bénoué, peut atteindre 50 h/km² dans le Margui Wandala.

12. Les différentes catégories de sol

Nous rappelons ici brièvement les caractéristiques des principaux sols du Nord-Cameroun cultivés en coton ainsi que leurs superficies approximatives au Nord du 9° parallèle.

121 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 Eénoué et du Mayo Kébbi).

Les alluvions anciennes forment de vastes zones d'épan-
dage 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 Bogu, à des im-
brications pédologiques difficilement cartographiables à moyenne
échelle. Dans les régions de Garoua, les alluvions anciennes,
souvent caillouteuses en surface, sont à dominance de sables
grosiers, avec des intercalations et lits sablo-argileux assez
fréquentes mais d'étendues restreintes.

Superficie totale : 2500 km².

122 Les vertisols

- Caractérisation physico-chimique

La granulométrie de ces sols dépend dans une large me-
sure de la nature du matériau originel mais leur texture est tou-
jours fine (30 à 50 % d'argile). Le pourcentage relativement éle-
vé d'éléments fins lié à la nature gonflante des argiles, confère
à ces sols une faible perméabilité et une forte capacité de re-
tention pour l'eau. Enfin leur structure plus ou moins compacte
peut entraîner des engorgements de profondeur nuisibles à la cul-
ture du cotonnier.

Le bon drainage est déterminant, aussi de faibles varia-
tions topographiques ou granulométriques peuvent avoir une in-
fluence non négligeable sur la culture du coton.

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

Le pH souvent légèrement acide en surface (6,5 à 7) de-
vient 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 minéra-
les sont fortes mais le phosphore total est déficient.

- Localisation et importance relative.

Leur superficie est très importante mais seuls les ver-

tisols lithomorphes situés sur les plateaux en légère pente, bien drainés extérieurement, sont favorables à la culture cotonnière.

Dans la plaine du Diamaré, ils sont localisés principalement 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 (shistes ou marnes).

Superficie des séries favorables : 1400 km².

123 Les sols ferrugineux tropicaux

- Caractérisation physico-chimique.

De nombreux groupes ou sous-groupes sont représentés au Nord-Cameroun, nous retenons ici que les plus importants.

Sols peu lessivés sur sables.

Le matériel sableux peut être d'origine soit éolienne soit alluviale.

Tous ces sols sont sableux avec une dominance nette de sable fin. Ils sont très perméables.

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.

Ces sols ont un potentiel de fertilité très faible du fait de leur trop grande perméabilité, leur faible capacité de rétention pour l'eau et leur pauvreté chimique.

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 de 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-Danaï. Ils sont formés soit sur alluvions, au nord-est du Mora, soit sur sable d'origine éolienne. Superficie totale : 3000 km².

Les sols peu lessivés sur socle se localisent au département de la Bénoué. Superficie totale : 1600 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.

124 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 un bon potentiel de fertilité tant par leurs qualités physiques que 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.

125 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 ruissellement 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 pénètre 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 quantité non négligeable de sodium, qui entraîne des rapports Ca/Na déséquilibré (supérieur 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 est très forte et entraîne 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	:	2600 km ² .
Sols halomorphes	:	500 km ² .

126 Les sols hydromorphes

- Caractérisation physico-chimique

Certains sols hydromorphes à pseudo-gley présentent un drainage externe correct et peuvent dans certaines conditions être cultivés en coton.

Leur texture sableuse en surface devient sablo-argileuse à argilo-sableuse en profondeur. Il en résulte un bon drainage interne dans l'horizon superficiel et un stockage d'eau important en profondeur. Les teneurs en matière organique sont comprises entre 1 à 2 %. Le pH varie entre 6 et 7. Les bases échangeables sont bien représentées (15 à 20 méq) et les réserves minérales sont bonnes (15 à 25 méq.).

- Localisation et importance relative.

Ils sont localisés principalement dans le sud Bénoué où ils recouvrent des superficies importantes.

13. PRINCIPALES ZONES COTONNIERES.

La culture du coton s'étend actuellement sur une centaine de milliers d'hectares répartis assez irrégulièrement entre le 8e et le 11e parallèle de latitude Nord. Du point de vue écologique six grandes zones sont étudiées succinctement afin de définir les conditions du milieu naturel dans lesquels se développe la culture cotonnière.

131. Plaine de Mora

Située à la limite Nord des massifs montagneux Mandaras, elle se prolonge au Nord par la grande plaine argileuse du Logone. Un important Cordon dunaire divise cette zone en deux régions distinctes, l'une au Nord est formée sur alluvions anciennes, l'autre au sud sur un complexe d'alluvions plus récentes. Les alluvions anciennes se présentent sous forme d'alignement sableux exondés, orientés Nord-Ouest Sud-Est, séparés par de larges zones déprimées argileuses le plus souvent inondées. Les alluvions récentes, provenant d'un ralentissement des cours d'eau dû à la présence du cordon dunaire, sont très hétérogènes. Cette zone de remplissage alluvial est également parsemée de dunes sableuses noyant ça et là quelques inselberge.

Les roches-mères.

Le substratum de cette région est constitué presque uniquement de roches meubles (pédiments, alluvions, sables dunaires). Ces matériaux transportés proviennent des massifs montagneux du Margui-Wandala formés essentiellement de granit et de migmatite (gneiss très granitisé).

Climatologie.

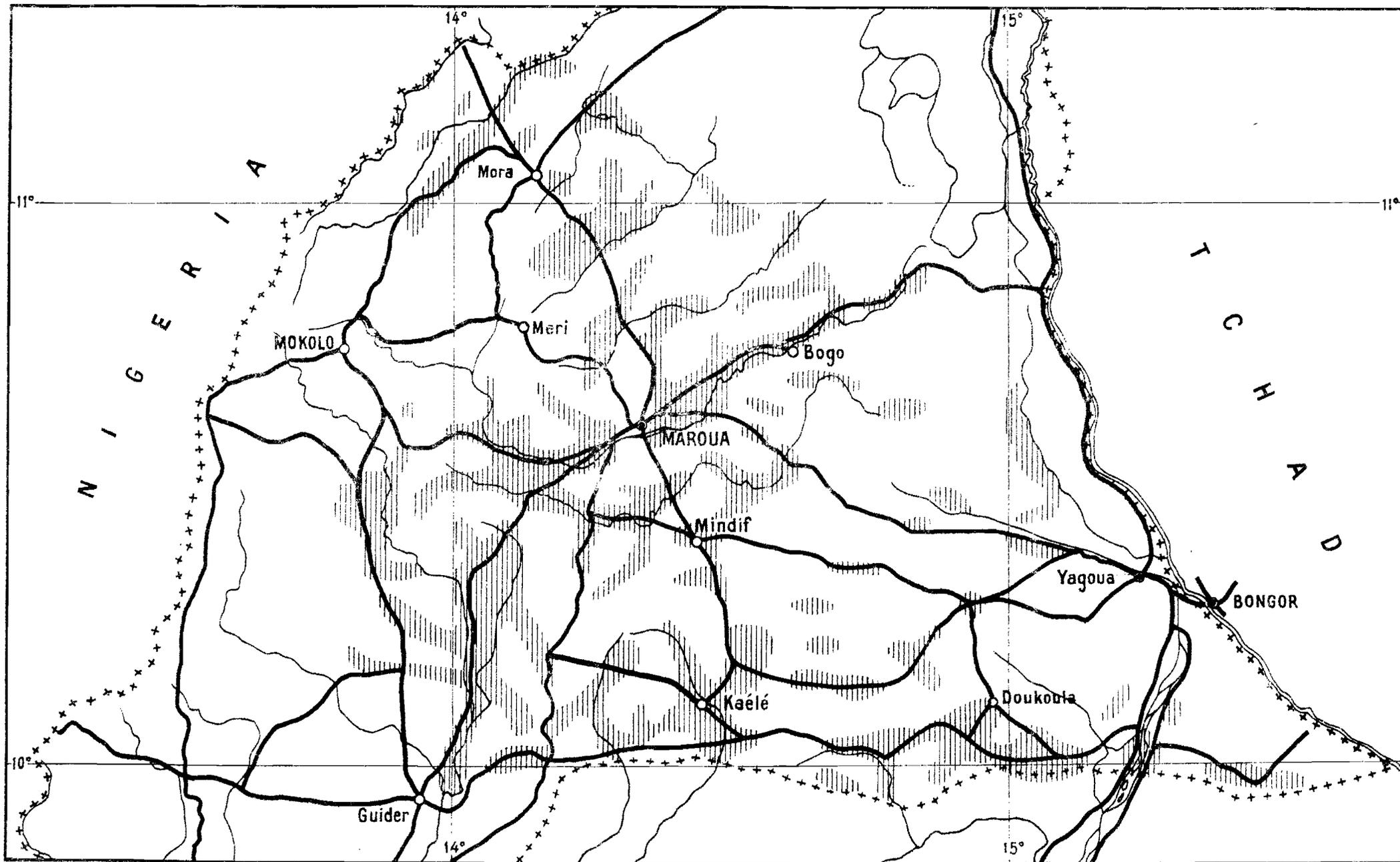
Le climat est du type soudano-sahélien : pluviosité faible, forte évaporation, température moyenne élevée. La pluviosité correspond à peu près à la limite Nord de la culture sèche du coton.

Précipitations mensuelles moyennes :

! Station !	J !	F !	M !	A !	M !	J !	J !	A !	S !	O !	N !	D !	Total annuel !
! MORA !	! 0 !	! 1 !	! 1 !	! 13 !	! 59 !	! 91 !	! 185 !	! 265 !	! 121 !	! 17 !	! 0 !	! 0 !	! 753 !

L'intensité et la répartition de la pluviosité peuvent varier de façon importante d'une année à l'autre.

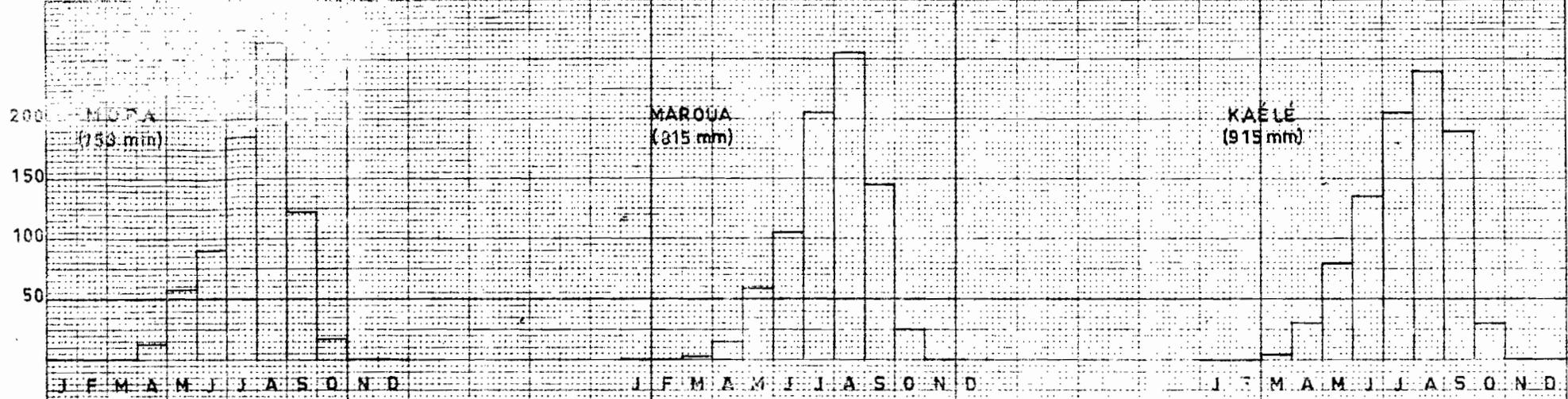
PRINCIPALES ZONES COTONNIÈRES



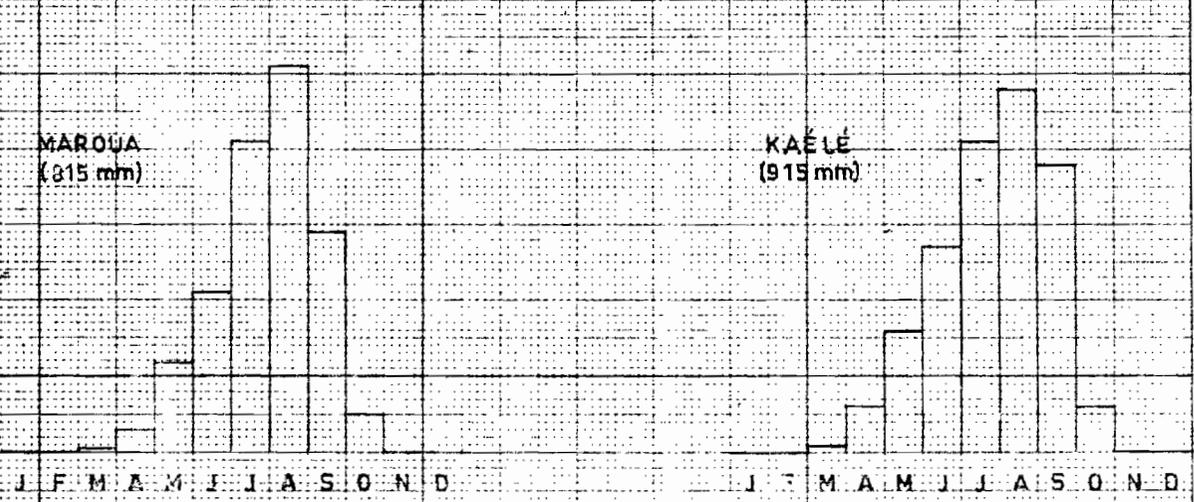
Echelle 1:1.000.000

0 20 40 60 km

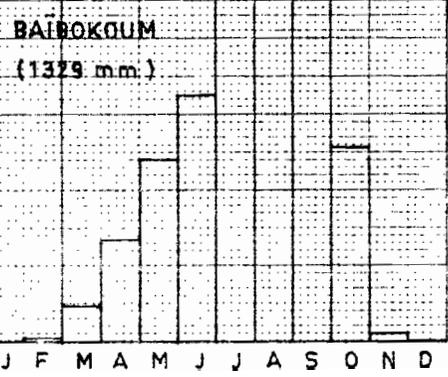
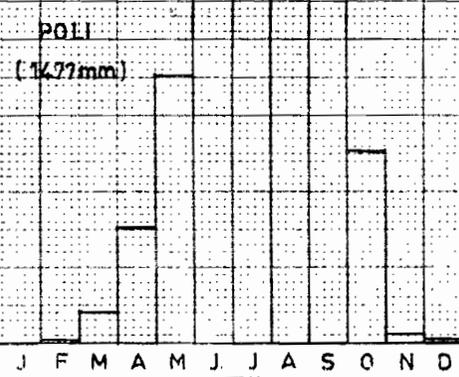
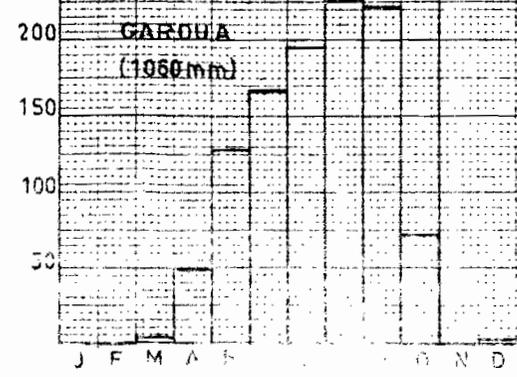
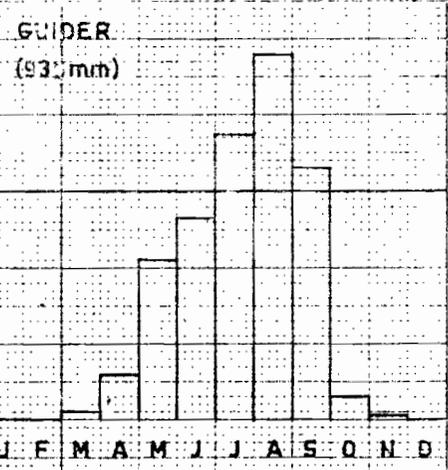
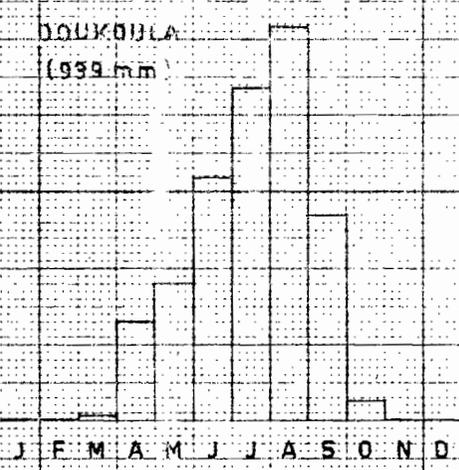
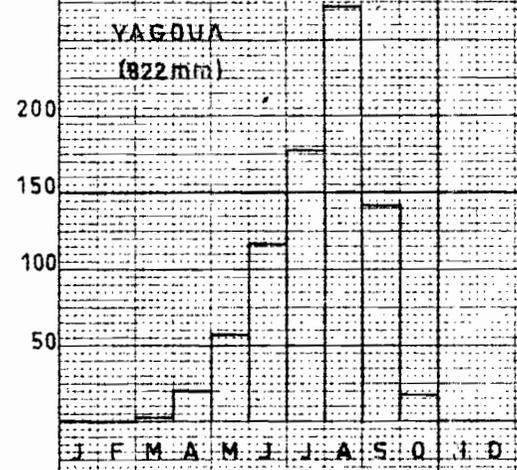
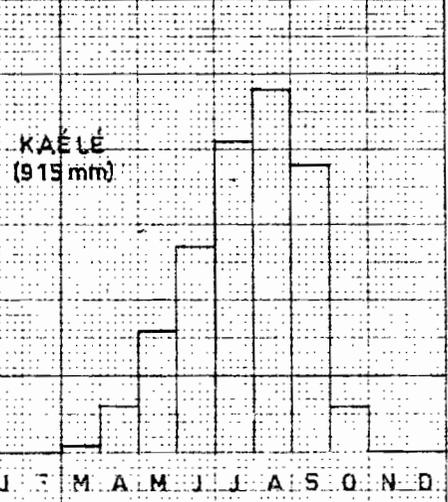
PRECIPITATIONS MOYENNES MENSUELLES



MAROUA (215 mm)



KAELE (915 mm)



Les Sols.

La nature alluviale ou colluviale de la plupart des roches-mères induit dans cette région une grande hétérogénéité pédologique due en particulier à l'âge et à la texture du matériau originel.

Les meilleurs sols sont les sols peu évolués d'apport qui occupent des surfaces relativement importantes. Les vertisols surtout étendus au nord du cordon dunaire sont mal drainés et de ce fait peu favorables en général à la culture du coton. Les sols ferrugineux sont localisés principalement aux dunes. Enfin les sols halomorphes recouvrent des superficies importantes au sud du cordon dunaire.

Superficies en km² des différentes classes de sols étudiés.

! Peu évolués	! Ferrugineux	! Sols à tendance	! Sols	!
! alluviaux	! tropicaux (dunes)	! Halomorphe	! Halomorphes	!
! 600	! 350	! 450	! 200	!

132. Le Diamaré

Morphologie.

Située entre les Monts Mandara à l'Ouest et la plaine du Mayo Danaï à l'est, cette région comprend trois grands ensembles :

- des glacis de pédiments, plus ou moins étendus et aplanis, en bordure des Monts Mandara.

- Une plaine à pente très faible, dominée par quelques petits massifs et inselberg isolés dans la région de Maroua-Mindif, ou parsemée de buttes sableuses allongées (anciennes dunes) alternant avec des dépressions hydromorphes dans la région de Kalfou-Moulvoudaï en bordure du Mayo Danaï.

- Une pénéplaine (région de Kaélé), présentant des pentes faibles à moyennes et parsemée de petits massifs granitiques à allure d'inselberg.

Les roches-mères.

Les massifs montagneux et les inselbergs, de nature granitique, ont donné naissance à des arènes de décomposition. A la base de ces massifs des pédiments plus ou moins grossiers se sont étalés sur des étendues relativement importantes.

Plus au Sud en particulier dans la région pénéplanée de Kaélé, les roches métamorphiques sont représentées par des micaschistes et des gneiss plus riches en calcium que les granites des massifs.

Enfin une grande partie de cette région a été recouverte par des alluvions d'âge et de granulométrie variée.

Climatologie

Le climat est du type soudano-sahélien.

La pluviosité varie de près de 900 mm au Sud et à l'Ouest, à 750-800 mm au Nord-Est.

Précipitations moyennes mensuelles :

Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	S	Total annuel
MAROUA Agriculture	0	0	2	16	59	105	207	255	145	27	0	0	815
KAELE	0	0	4	30	79	135	206	241	190	29	1	0	915

Les sols.

Dans la plaine de Maroua des épandages lacustres anciens, sur lesquels se développent de vastes vertisols, sont recouverts, le long des mayos, d'alluvions plus récentes. Plus au Sud, dans la région de Kaélé, dominant des vertisols peu développés souvent bien drainés extérieurement. Dans la partie Sud-Est du Diamaré, on observe d'importantes buttes de sable rouge donnant des sols ferrugineux tropicaux alternant avec des sols beiges hydromorphes et des vertisols dans les dépressions. Enfin quelques taches de sols rouges tropicaux sont localisés autour du massif de Maroua et au Sud de Kaélé dans la région de Mboursou.

Superficies en km2 des différentes classes de sols étudiées

Peu évolués alluviaux	Vertisols	Ferrugineux peu lessivé sableux	Ferrugineux à concrétions	Rouges Tropicaux	à tendance halomorphe	Halomor- phe
920	1060	650	370	60	1500	180

133. LE MAYO DANAI

Morphologie

La région du Mayo Danaï se présente comme une vaste plaine n'ayant pratiquement aucun relief important. Le point le plus élevé ne domine que d'une trentaine de mètres le point le plus bas.

Au Nord s'étend une importante dépression, entre le Logone et le mayo Guerléo, correspondant en majeure partie au dépôt d'un ancien lac quaternaire, elle est limitée au Sud-Ouest par le grand cordon dunaire.

La partie Sud est principalement formée de larges bandes sableuses séparées par des dépressions de direction Nord-Ouest Sud-Est.

Les roches-mères

La majeure partie de la région est recouverte de matériaux néogènes et quaternaires.

La partie Nord est surtout de nature argileuse, au contraire la partie Sud est essentiellement sableuse, les argiles des dépressions étant dues à un alluvionnement fluvial récent. Le long du Logone et du Guerléo les rives sont surélevées en bourrelets dûs à des apports alluviaux subactuels principalement sableux au Sud-Est et limoneux au nord.

Climatologie.

Le climat de cette région est du type soudano-sahélien. Environ 90 % des précipitations se concentrent sur quatre mois de l'année (Juin à Septembre).

Précipitations moyennes mensuelles.

! Stations	! J	! F	! M	! A	! M	! J	! J	! A	! S	! O	! N	! D	Total annuel
! YAGOUA	! 0	! 0	! 4	! 21	! 58	! 124	! 182	! 272	! 141	! 18	! 1	! 0	! 822
! DOUKOULA	! 0	! 0	! 4	! 66	! 90	! 158	! 217	! 257	! 135	! 12	! 0	! 0	! 939

Les Sols.

Les sols du Mayo DANAI sont pour la plupart défavorables à la culture du coton. Dans les zones soumises à l'inondation les sols sont très argileux et nécessiteraient des travaux de drainage importants. Sur les sols sableux les rendements sont fonction de la plus ou moins bonne répartition des pluies.

Superficie en km2 des différentes classes de sols étudiés.

! Peu évolués	! Ferrugineux	! A tendance	!
! alluviaux	! peu lessivé	! Halomorphe	!
!	! sableux	!	!
!-----!	!-----!	!-----!	!-----!
! 100	! 1 100	! 60	!
!	!	!	!
!-----!	!-----!	!-----!	!-----!

134. NORD BENOUE.

Morphologie.

Cette région peut être considérée comme une pénéplaine limitée au Nord-Ouest par les contreforts du plateau de Mokolo, largement ouverte au Nord-Est sur la pénéplaine de Kaélé et bordée au Sud par la vallée de la Bénoué.

Parsemé de massifs montagneux culminant à 1000 m environ, cet ensemble a une altitude moyenne comprise entre 300 et 500 m.

Les roches-mères.

Les ectinites s'étendent largement sur la partie Est, dans la région de Bidza; les micaschistes prédominant sur les gneiss. Plus à l'Ouest c'est le vaste domaine des migmatites puis des granites vers le plateau de Mokolo. Enfin des formations sédimentaires argileuses crétacées s'étendent dans de petits synclinaux de faible importance.

Climatologie

Le climat se rapproche beaucoup du type soudanien en particulier dans le secteur montagneux du Nord-Ouest exposé aux vents humides.

Précipitations moyennes mensuelles

Station	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total annuel
Guider	0	1	5	30	105	134	187	240	165	15	3	0	935

Les Sols.

Les sols de cette région sont en général peu développés et souvent très caillouteux. Seuls les sols rouges tropicaux et certaines catégories de vertisols semblent favorables à la culture du coton. En ce qui concerne leur superficie ces sols ont été regroupés avec ceux de la région Centre Benoué.

135. CENTRE BEOUNE

Morphologie.

Nous limitons cette région au bassin sédimentaire de la Bénoué, et aux vallées alluviales de la Bénoué et du Mayo Kébbi. L'altitude moyenne est comprise entre 150 m à la frontière nigérienne et 250 m environ en amont de Lagdo. Les pentes sont très faibles et les lits majeurs des fleuves sont en grande partie inondés en saison des pluies. De vastes plaines de comblement alluvial sont bordées de terrasses quaternaires sableuses sur-élevées. La Bénoué et le Mayo Kébbi entaillent profondément les alluvions sableuses anciennes et déposent dans la basse plaine, ainsi créée, des sédiments principalement argileux.

Les roches-mères.

Les plaines alluviales sont entièrement recouvertes de formations meubles en majorité sableuses sur les hautes terrasses dominant d'une dizaine de mètres les plaines alluviales plus récentes de texture généralement argileuses.

Des formations sédimentaires gréseuses s'étendent de chaque côté de la Bénoué et descendent au Sud jusqu'à Rey Bouba le long du Mayo Rey et de la Vina.

Climatologie.

Le climat est du type soudanien : pluviosité moyenne annuelle de 980 mm répartis sur cinq mois à six (Mai à Septembre).

Précipitations moyennes mensuelles.

Station	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total annuel
GAROUA	0	0	3	47	128	166	193	227	222	71	1	2	1060

Les Sols.

Dans les vallées les sols formés sur alluvions sont assez variés : peu évolués d'apport, vertisols, hydromorphes. Sur les grès dominent largement les sols ferrugineux tropicaux.

Superficies en km2 des différentes classes de sols étudiés
(Nord et Centre BENOUE)

Peu évolués Alluviaux	Vertisols	Ferrugineux	Rouges Tropicaux	A tendance halomorphes
700	250	1500	450	300

136. SUD BENOUE.

Morphologie.

D'une altitude comprise entre 300 m et 600 m cette région se présente comme une pénéplaine très disséquée par de nombreux cours d'eau et dominée par de nombreux massifs plus ou moins importants (Monts Atlantika, Hossérés Gode, Tcholliré etc...).

Les roches-mères.

Les formations géologiques comprennent en particulier les schistes et micashistes de la région de POLI ainsi que des ectinites et migmatiques. Au Sud-Est de Tcholliré nous rencontrons des formations plutoniques comprenant des granites d'âges et de composition diverses. Enfin des formations sédimentaires gréseuses s'étendent de chaque côté du Mayo Rey.

Climatologie

Le climat est ici du type soudano-guinéen : précipitations annuelles moyennes comprises entre 1100 et 1300 mm réparties sur 6 à 7 mois de l'année.

Précipitations moyennes mensuelles

Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total annuel
POLI	0	0	20	76	177	230	237	285	317	126	5	2	1477
BAIBOKOUM	0	3	14	68	122	162	271	304	252	129	5	0	1329

Les Sols.

Les sols les plus importants sont soit du type ferrugineux soit du type hydromorphe à pseudogley.

Les sols ferrugineux très étendus au Sud et Sud-Ouest sont soit du type lessivé à concrétions soit du type lessivé rouges comme dans la région de Madingrin.

Les sols hydromorphes à pseudogley sont largement représentés dans la vallée du Faro et la région de Poli.

2. METHODOLOGIE EXPERIMENTALE

Le réseau d'essai a été implanté sur diverses catégories de sols, choisies pour leur représentativité régionale, leur importance socio-économique et leur aptitude jugée à priori favorable à la culture cotonnière (graphique et tableau N° 1). Dans la mesure du possible plusieurs essais multilocaux ont été implantés sur une même catégorie de sol, cette dernière étant soigneusement caractérisée par la description morphologique détaillée et les analyses physico chimiques du profil. La classification précise des sols est donnée dans le tableau N° 4.

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 racinaire des cotonniers.

Des fosses d'observations sont creusées dans les lignes de bordure des parcelles sans engrais et des parcelles à fumure NSPK, les parois de cette fosse étant situées à 30 cm environ des plants choisis. Le système racinaire est ensuite minutieusement dégagé et décrit au fur et à mesure de la progression du front d'observation. Lorsque tout le plant est dégagé des mensurations plus précises de diamètre et longueur sont effectuées. Il est à noter que très souvent les extrémité des racines ne sont pas représentées sur les graphiques car elles n'ont pu être correctement observées.

22. Analyses de sol.

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

GRAPHIQUE N°1
 ISOHYÈTES ANNUELLES MOYENNES EN MM
 ET RÉSEAU DES ESSAIS SOUSTRACTIFS

Echelle 1:2 000 000

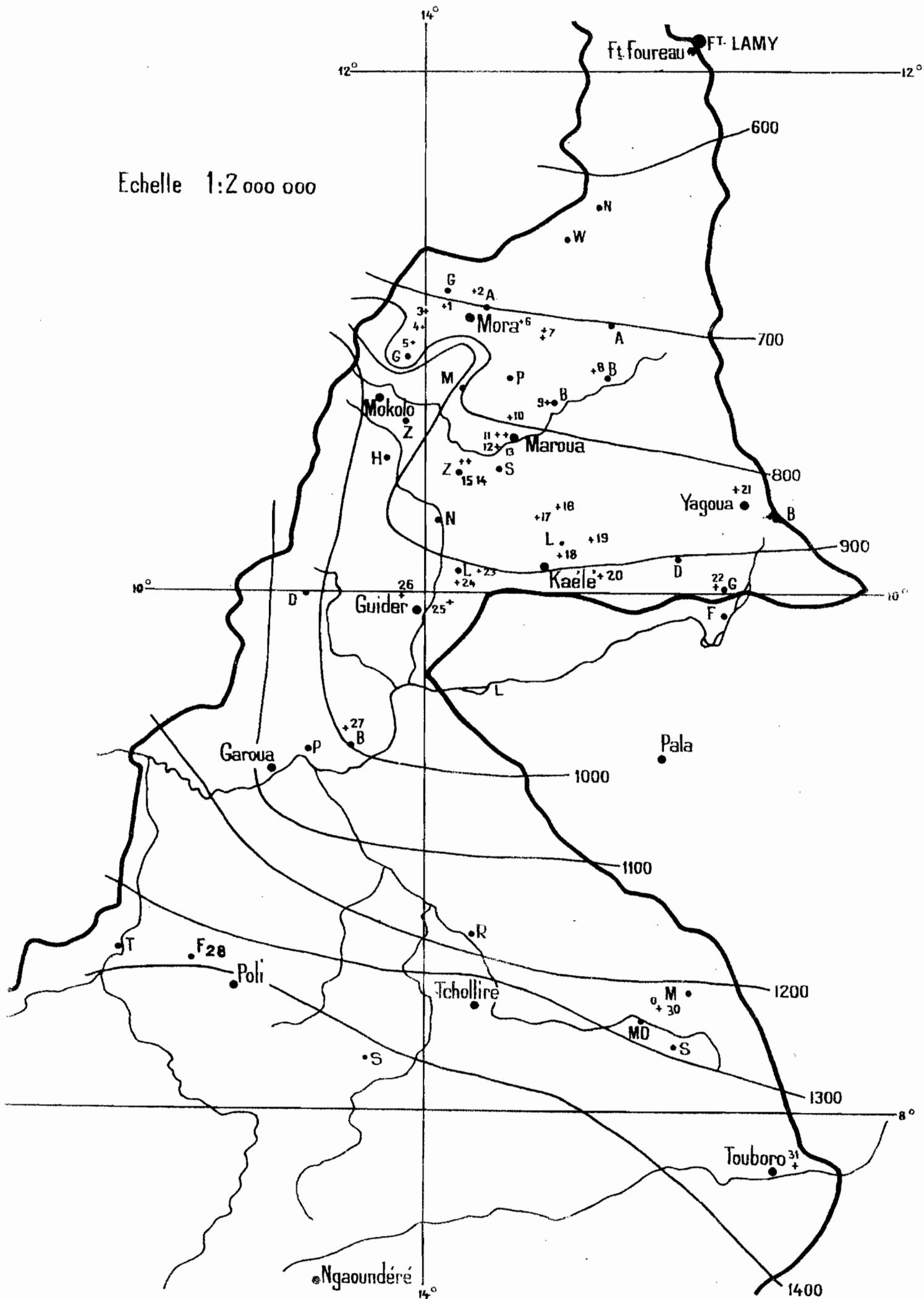


TABLEAU N° 1 - IMPLANTATION DES ESSAIS

Type de sol	Zone	Pluviométrie		E s s a i		Campagne		
		moyenne	année d'essai	Localité	N°	1967	1968	1969
SOL EVOLUES APPORTS SUR PLUVIATIONS	Mora	656	757	Yagoua	1		X	X
		722	687	Doulo	2		X	
		782	824	Nguétchéwé	4	X		
		835	853	Guétalé	5			X
		756	767	Djaodé	7			X
		732	808	Mémé	6		X	
		669	694	Madaka	8		X	
				Balaza	9		X	
		806	586	Maroua	11	X		
		852	754	Zongoya	14	X		
FERRUGINEUX TROPICAUX	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	1008	Taala	22			X
	FARO	1280	1311	Figolé	28		X	
	Tcholliré		1346	Madingrin	30			X
Touboro	1341	1546	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	27	X	X	
HALOMORPHES	Mora		800	Kitchimatari	3			X
		756	706	Djaodé	7		X	
	Maroua	852	909	Zongoya	15		X	
			887	Ziling	12			X

Par ailleurs des prélèvements agronomiques ont été effectués, sur les parcelles sans engrais, à raison de six échantillons élémentaires par parcelle, et représentant les quinze centimètres superficiels du sol (zone d'enracinement maximum du cotonnier d'après les observations des profils culturaux). Les déterminations physico-chimiques suivantes ont été réalisées :

Granulométrie et pH
Matière organique et Azote
Bases échangeables
Potassium Total
Phosphore (Olsen - Truog - Total)

23. Analyses foliaires

Les échantillons foliaires sont prélevés d'après un protocole général IRCT établi par Monsieur BRAUD (1968). Au début de la floraison (minimum de 30 fleurs ouvertes sur chaque parcelle élémentaire) on procède, avant 9 heures, au prélèvement de 30 feuilles, par parcelle, opposées à une fleur ouverte le jour du prélèvement. (stade physiologique de la feuille bien déterminé). Après rinçage les feuilles sont séchées à l'air. Les analyses ont été effectuées par le laboratoire agricole et de Coopératif Viticole de Montpellier.

Les dosages portent sur :

N Org.	en % de matière sèche, dosé sur le limbe
S	en % de matière sèche, dosé sur le limbe
P	en % de matière sèche, dosé sur le limbe
B	en ppm de matière sèche, dosé sur le limbe
K	en % de matière sèche, dosé sur le pétiole.

Les niveaux critiques retenus sont les suivants :

4,0 % pour l'azote
0,30 % pour la surface et le phosphore
3,0 % pour la potasse
15 ppm pour le Bore.

24. Essais au champ par la méthode soustractive

Ces essais, réalisés selon la méthode soustractive (BRAUD 1968) sont destinées à répondre aux deux questions suivantes :

- La nutrition minérale est-elle facteur limitant ?
- Dans l'affirmative quelle est la nature et l'importance relative des éléments minéraux déficients.

Ils comportent les objets suivants :

Année 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 amené 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 2 et 3.

TABLEAU N° 2 - FUMURE NSPK (B) utilisée.

Essais	Unités à l'hectare				
	N	S	P ₂ O ₅	K ₂ O	B ₂ O ₃
1967-1968	87	48	81	141	-
1969	92	32	93	96	2,3

TABLEAU N° 3 - FUMURE UTILISEE DANS LES DIFFERENTS TRAITEMENTS.

Essais	Objets	Engrais en Kg / ha				
		Urée	SO ₄ (NH ₄) ₂	Triple Superph	KCl	K ₂ SO 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	Phosph	SO ₄	SO ₄ K ₂	KCL	Borax
			NH ₄	(NH ₄) ₂			
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	140	-	-	5
	Formule NSPK, - B	120	180	-	200	-	-

Dispositif expérimental : Méthode des blocs Fisher à 6 répétitions.

Parcelles élémentaires : 4 lignes de 30 m fumées, dont seulement les 2 lignes centrales sont testées pour les rendements et les échantillons foliaires. Ecartement : 90 x 30 cm, démariage à 2 plants par poquets.

Variétés 1967 : HLI et A 333.

Variété 1968, 1969 : BJA 592

(En 1967 des parcelles élémentaires de 3 lignes furent utilisées dont 1 ligne centrale testée).

Les essais sont récoltés en deux passages, le premier à l'ouverture d'environ 2/3 des capsules vers le début Novembre, le deuxième passage à l'ouverture complète des capsules mi Décembre.

Les deux lignes centrales sont récoltées séparément pour servir au contrôle des manipulations. Les rendements en coton-graine sont exprimés en Kg/ha et en pourcent de la formule NSPKB.

La protection phytosanitaire a été aussi bonne que possible (traitements hebdomadaires).

3. RESULTATS EXPERIMENTAUX

31. Profils culturaux

L'observation des systèmes racinaires nous suggère quelques idées générales :

- Après la germination les pivots se développent verticalement dans la couche de sol déjà humectée par les pluies ; puis ces pivots se divisent ou se tordent, leur pénétration verticale paraissant étroitement liée à la descente plus ou moins rapide du front d'humectation. Par contre dans les sols à nappe phréatique ; peu profonde en pleine saison des pluies, la pénétration racinaire verticale est brusquement arrêtée par l'horizon engorgé et ne reprend progressivement qu'en fin de saison pluvieuse avec la descente de la nappe.
- La structure des sols joue un rôle très important. Les racines secondaires, et parfois même les pivots, contournent le plus souvent les unités structurales. Lorsque le sol est très compact, naturellement ou artificiellement (semelle de labour) la croissance des pivots du cotonnier peut être totalement arrêtée, des pivots secondaires prennent alors naissance et filent horizontalement pour redescendre verticalement lorsqu'ils rencontrent une structure plus favorable, une fente de retrait ou un passage d'anciennes racines.
- Le développement végétatif des cotonniers sur les parcelles fumées est accompagné d'un chevelu racinaire abondant. Les pivots, de diamètre régulièrement plus forts avec fumure, n'ont cependant pas tendance à s'enraciner plus profondément que sur les parcelles non fumées.
- Enfin sur tous les essais la majorité des racines secondaires est localisée entre 0 et 15 cm de profondeur. D'autre part nous observons une absence totale de racines dans les billons lorsque le semis a été effectué à plat (comme il est recommandé sous climat sec). Le buttage après la levée est cependant indispensable, non pour accroître l'enracinement, mais pour permettre un bon drainage du terrain et ainsi éviter l'asphyxie du collet des cotonniers.

32. Résultats analytiques.

Les résultats des analyses pédologiques et foliaires ainsi que les rendements coton graines sont rassemblés respectivement dans les tableaux 4 - 5 et 6.

ANALYSES PEDOLOGIQUES

Classe/S/Classe	S/Groupe	Famille	Essai	Série	A+L	pH	N	M.O	C/N	Ca	Mg	K	Na	S	T	K/S	Mg/K	KT	PT	PolS	P/N	Po/PT
Peu évolué	Modal	Alluvions	YAGOUA	Série Ganze	36	6,9	0,7	1,7	15	19,6	2	0,6	0,05	12,2	13,8	4,5	3,3	7,3	620	112	0,24	19
		récentes	MEME	Sér. Tokombéré	20	6,9	0,4	0,8	12	6,3	1,7	0,5	0,03	8,5	8,7	5,8	3,4	10,7	1000	137	0,34	14
d'apport		Alluvions	DOULO	Série Mokossé	21	6,8	0,5	1,3	14	6,9	1,6	0,4	0,02	8,9	9,2	4,4	4	4,2	270	58	0,12	22
		anciennes	DJAODE	" "	23,4	6,3	0,6	1,2	12,4	7,2	2	0,3	0,05	9,5	10,2	4	6,6	-	410	70	0,23	17
Hydromorphe		Alluvions	MADAKA		43	7,3	0,5	1	12	10,7	3,4	0,46	0,03	14,9	16,7	2,7	7,4	3,4	310	76	0,16	25
		anciennes	BALAZA		15	6,5	0,3	0,3	10	4,1	0,6	0,2	0,02	4,9	5,9	4,1	3	2,7	210	32	0,10	15
Lithomorphe	Modal	Roch. vertes	ADJYA	Série Zafka	43	7,3	0,7	1,3	11	15	8,7	0,2	0,09	24	25	0,8	36	1,6	300	40	0,06	13
		Grumosolique	Socle	ZAKALANG	Série Boboyo	55	8	0,5	1,1	12	21,4	5,3	0,2	0,1	27	31	0,7	25	3,4	390	27	0,05
VERTISOL	Peu développé	Socle	L A M	Série DJIDOMA	48	8,9	0,3	0,7	12	13	4,3	0,1	0,4	17,8	26	0,6	39	3,5	250	16	0,05	6
		Topomorphe	Peu développé	Alluvions	BADJUMA	22	7,3	0,4	0,9	13	7,7	4,2	0,15	0,3	11,8	7,8	1,2	21	1,9	330	20	0,05
PERSIALLITIQUES	Erodé	Micaschistes	MBOURSOU	Sér. Mboursoü	21	6,7	0,5	1,1	13	4,1	2	0,13	0,01	6,2	7,3	2,1	20	2,7	290	20	0,06	9
		ROUGES TROPICAUX	Gneiss	NDIAMLETINA	Série Guider	42	6,9	0,6	1,5	14	8,2	5,1	0,3	0,1	15,7	15,5	2	22	2,7	240	17	0,03
FERRUGINEUX	sans concrétions	Colluvions	MADINGRIN		15	6,4	0,3	0,9	15	1,8	0,7	0,1	0,01	2,6	3,1	3	7		410	51	0,17	12
		TROPICAUX	à concrétions	Colluvions	TROUBORO	15	6,4	0,4	1,3	19	2,1	0,9	0,2	0,01	3,2	4,8	7	4,5		410	29	0,07
LESSIVES	Beiges	S. dunaires	GUIDIGUIS	Série Mahel	11	5,3	0,3	0,6	12	1,5	0,5	0,19	0,01	2,2	3,9	9,1	2,5	0,8	150	31	0,11	21
		Hydromorphe	Socle	FIGNOLE		16	6,7	0,6	1,6	15	3,8	1,9	0,19	0,01	5,9	6,4	3,2	10	2,3	260	31	0,05
HALOMORPHE A STRUCTURE DEGRADEE	Peu Différencié (Sol gris)	Alluvions	DJAODE	Série Doutarou	22	6,1	0,4	0,8	12	3,1	2,9	0,3	0,05	6,3	8,3	5,3	8,5	4,4	350	37	0,09	10
		Socle	ZONGOYA	Série Ouzal	24	8,6	0,3	0,5	11	3,3	2,1	0,2	1,5	7,1	9,7	2,8	8,9	3,7	260	32	0,10	12
	A alcali	Socle	ZILLING		44	7,2	0,3	0,4	8	11,4	2,4	0,4	0,8	15	15,5	2,6	6		220	25	0,08	11
		Socle	KITCHIMATARE	Série Ngenana	23	5,8	0,4	1,1	17	2,2	0,9	0,1	0,2	3,5	6,7	3	9		260	24	0,04	9

TABLEAU N° 5 - Analyses Foliaires

Type de sol	Zone co-tonnière	Essai/année	No	N(-N)	So	S(-S)	Po	P(-P)	Ko	K(-K)	Bo	B-B
Peu évol évolué sur Alluvions	Mora	Yagoua 68	3,83	3,31	10,70	10,35	10,63	10,30	16,24	15,16	129	-
		Yagoua 69	3,27	-	10,80	11,20	10,46	10,40	16,40	16,00	115,8	118,0
		Doulo 68	4,44	4,52	10,85	10,64	10,26	10,23	15,72	15,92	123	-
		Ngétchi 67	4,38	-	10,58	10,40	10,48	10,36	13,36	12,32	-	-
		Guétale 69	3,82	-	10,23	-	-	-	15,56	-	-	-
		Djaodé 69	3,78	-	10,76	10,61	10,45	10,36	14,00	14,68	114	113,5
FERRUGI- NEUX Tro- picaux	Maroua	Maroua 67	3,46	-	10,59	10,43	10,40	10,28	12,10	11,02	-	-
		Zongoya 67	3,62	-	10,60	10,48	10,24	10,20	14,27	13,80	-	-
		Kaélé Doyang 69	3,49	-	10,45	10,30	10,25	10,22	15,80	15,12	117	110,5
Kaélé Guider Kalfou Faro Tcholli- ré Toub.	Kaélé	Lara 67	3,84	-	10,36	10,27	10,28	10,24	13,46	12,62	-	-
		Lara 68	4,36	4,28	10,86	10,74	10,24	10,21	13,60	13,86	114	-
		Gridiguis 68	3,83	3,63	10,22	10,13	10,18	10,15	14,20	13,00	113	-
		Yagoua 69	2,90	-	10,38	10,36	10,20	10,18	14,24	15,56	9,0	10,0
		Taala 69	3,26	-	10,64	10,47	10,53	10,40	15,56	12,80	112,0	114,5
		Figno 68	3,55	3,31	10,27	10,19	10,22	10,19	16,24	16,00	116	-
ROUGES TRO- PICAUX	Kaélé- Guider	Mbrus cu 68	3,03	3,31	10,23	10,22	10,16	10,12	15,52	13,60	121	-
		Bidzar 68	3,99	4,08	10,23	10,16	10,26	10,22	14,80	12,40	128	-
		Diamleti 67	3,52	-	10,22	10,24	10,20	10,16	13,14	12,46	-	-
		Diamleti 68	4,28	3,99	10,44	10,33	10,18	10,14	16,08	15,92	113	-
VERTISOLS	Maroua	ADJIA 68	4,04	3,67	0,84	0,42	0,20	0,17	2,46	2,10	26	-
		Meskine 67	3,68	-	0,35	0,30	0,26	0,18	3,26	3,70	-	-
	Bénoué	Badjouma 67	3,76	-	0,41	0,23	0,28	0,26	3,18	2,00	-	-
Halomor-	Mora	Kitchi 69	4,04	-	10,61	10,29	10,17	10,18	16,26	15,44	8,0	7,5
		Djaodé 68	4,28	4,32	10,90	10,66	10,32	10,32	15,80	13,92	123	-
	Maroua	Zilling 69	4,14	-	10,80	10,67	10,15	10,12	15,80	15,80	110,0	9,5

No So Po Ko Bo : Teneurs respectivement en N, S, P, K, B des parcelles sans engrais.

N-N - S-S - P-p - K-K , B-B : teneurs respectivement en N,S,P,K,B des parcelles carencées.

TABLEAU N° 6 Production - coton graine

Type de Zone	Cotonnière	Essai/année	Témoins		Formules incomplètes								d. s	c. v.	Essais utilisés pour le calcul moyen			
			NSPKB	sans engr.	N	S	P	K	B	P	T	T				T	T	T
			kg/hal	égal	%	%	%	%	%	%	%	%				%	%	%
Peu évolué sur alluvions	Mora	Yagoua	68	2409	54++	58++	95+	88++	92++	-	5,2	5,5	x					
		Yagoua	69	1052	56++	-	85	87	96	83	20,3	20,2	x					
		Doulo	68	1861	83+	78++	93	99	98	-x	13,5	11,6	x					
		Nguétchiwé	67	2228	82++	88++	94	97	102	-x	10,3	5,4	x					
		Guétale	69	2122	(86)++		87++		101	99	7,6	7,3	x					
		Djaoudé	69	1996	84++		94	92+	99	89++	7,6	6,1	x					
		Mémé	68	2024	73++	67++	96	92	96	-	12,0	11,5	x					
		Maroua	Madaka	68	2040	77++	79++	99	102	-	-	13,7	14,5	x				
		Balaza	68	1474	60++	72++	92	79++	112	-	15,4	15,1	x					
		Maroua	67	1337	102	97			118	-	n.s.	122,4						
	Zongoya	67	1179	66++	77++	98	70++	113	-	11,0	12,5	x						
FERRUGINEUX PROPI-CAUX	Kaélé -	Doyang	68	1255	86	99	105	66+	117		20,6	15,9	x					
	Guider	Doyang	69	1717	69++	-	87+	75++	98	97	11,4	11,0	x					
		Lara	67	970	72+	75+	105+	83	104	-	25,0	27,5	x					
		Lara	68	1007	139	114	82	88	83	XX	25,9	21,2	x					
	KALFOU	Yagoua	69	3187	55++	-	94+	95+	108	103	7,7	7,0	x					
	Taala	Taala	69	2357	52++	-	105	90°	102	101	10,7	9,5	x					
	Fare	Fignolé	68	2243	69++	79++	106	79++	105	-	7,1	6,1	x					
	Moholiré	Madingrin	69	2778	51++	-	82++	98	98	98	7,8	7,5	x					
	Touboro	Touboro	69	1384	(78)++		100	-	104	103	8,6	7,1	x					
	ROUGES PROPI-CAUX	Kaélé -	Mboursou	68	1856	30++	44++	83++	46++	121	-	13,6	16,1	x				
Guider		Bidzar	68	2007	42++	56++	72++	68++	109	-	10,8	12,4	x					
		Diamletina	67	1879	58++	82++	90+	56++	108	-	10,0	6,1	x					
		Diamletina	68	2659	44++	53++	78++	53++	94		13,2	15,7	x					
VERTI-SOLS	Maroua	Adjia	68	1704	74++	98	99	81+	98	-	18,0	24,4	x					
		Meskin	67	1316	60++	62	85++	94	97		8,2	9,8	x					
	Kaélé -	Zakalang	68	1459	39++	52++	96	39++	99		9,4	11,1	x					
	Guider	Lam	68	1174	48++	81++	99	37++	126	XX	19,4	19,9	x					
	Bénoué	Badjouna	67	1574	70++	62++	90	84+	110	-	15,0	8,6	x					
		Badjouna	68	1096	50++	55++	102	62++	93	X	24,1	17,4	x					
HALO-MORPHE	Mora	Kitohi	69	533	56++	-	104	50++	104	64+	27,5	29,0	x					
		Djaoudé	68	1067	84	110	102	92	82	X	N.S.	120,0						
	Maroua	Zongoya	68	1109	74+	73+	84	78°	96	X	20,2	20,1	x					
		Zilling	69	1287	47++	-	97	45++	93	102	19,1	23,5	x					

4 - INTERPRETATION ET DISCUSSION DES RESULTATS

41. Relation - Analyses pédologiques - Type de sol - Fertilité naturelle.

411. Caractéristiques physiques.

Si nous reportons sur un graphique triangulaire les textures des sols des différents essais (graphique N° 3) nous pouvons faire les constatations suivantes :

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

Texture argilo sableuse fine : sols rouges tropicaux

Texture sablo argileuse fine (sols peu évolués Alluviaux
(sols à tendance halomorphe

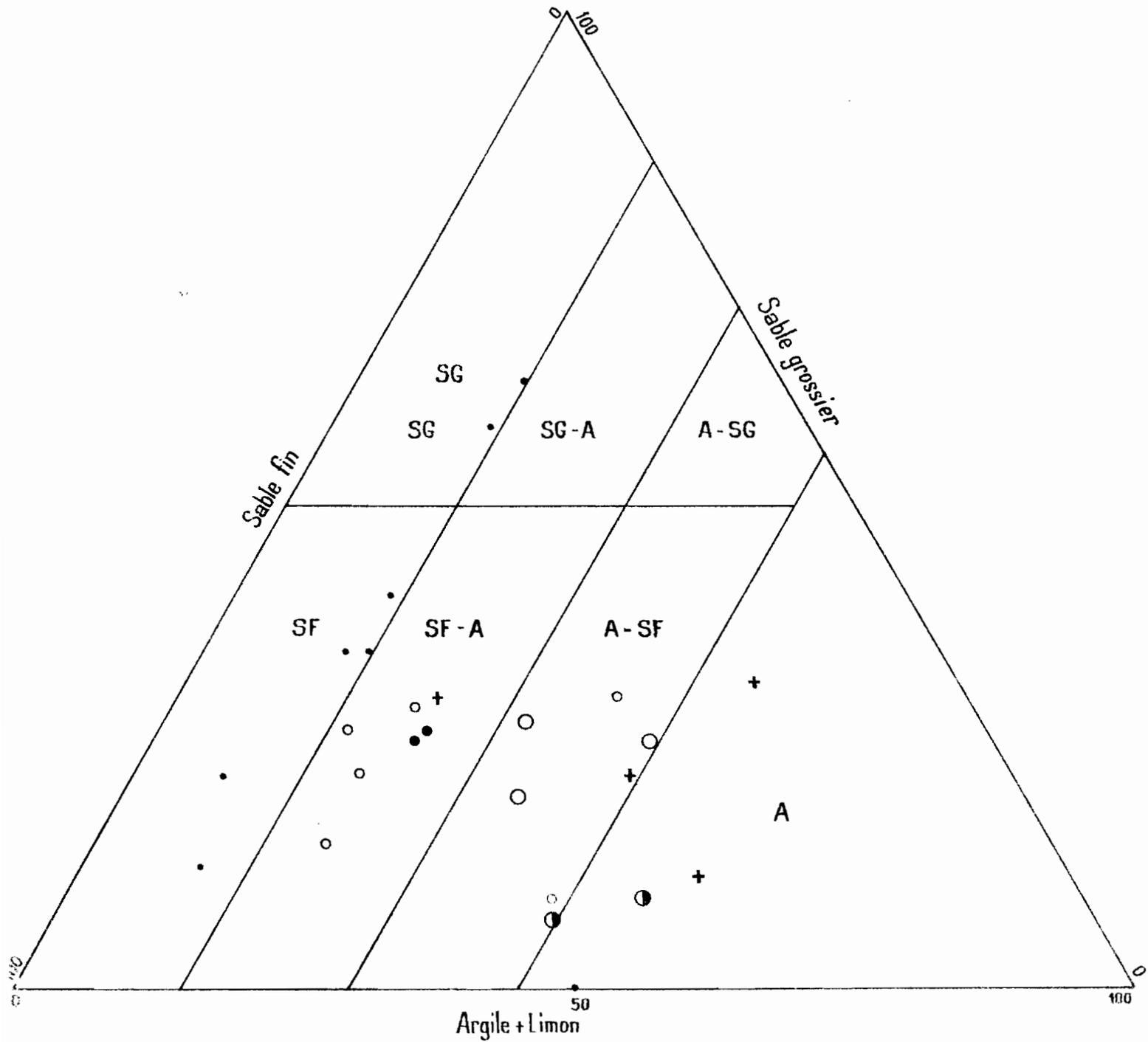
Texture sableuse fine : (sols ferrugineux

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 coton, les vertisols, les sols Halomorphes et 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 jouent également un rôle important qui sera mis en partie en évidence par l'étude des profils culturaux. Les structure 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.

Graphique N°3. Texture. Type de sol



- Ferrugineux tropicaux
- Peu évolués d'apports alluviaux
- A tendance halomorphe
- Rouges tropicaux
- Halomorphes
- + Vertisols

412. 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 (graphique N° 21).

Type I - Développement du pivot très important (2 à 3 mètres). Racines secondaires très longues et abondantes, prospectant un grand volume de sol. Cas des sols ferrugineux tropicaux développés dans un matériau sableux dunaire.

Type II - Développement normal du pivot (40 à 50 cm) quelquefois contournés 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.

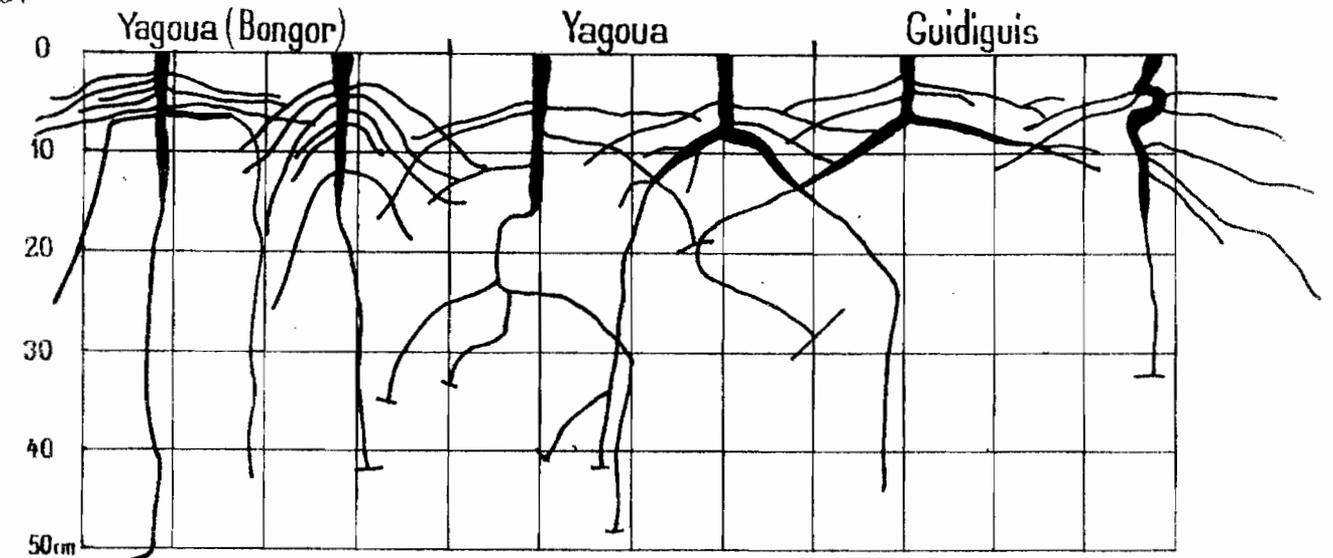
Type III - Développement très faible des pivots (10 cm) et diamètre très forts des collets. Racines secondaires de diamètre important, nombreuses mais souvent courtes, ne prospectant qu'un volume de sol réduit. Cas des vertisols, sols alluviaux hydromorphes, sols ferrugineux hydromorphes, et sols halomorphes.

En résumé nous avons la relation suivante :

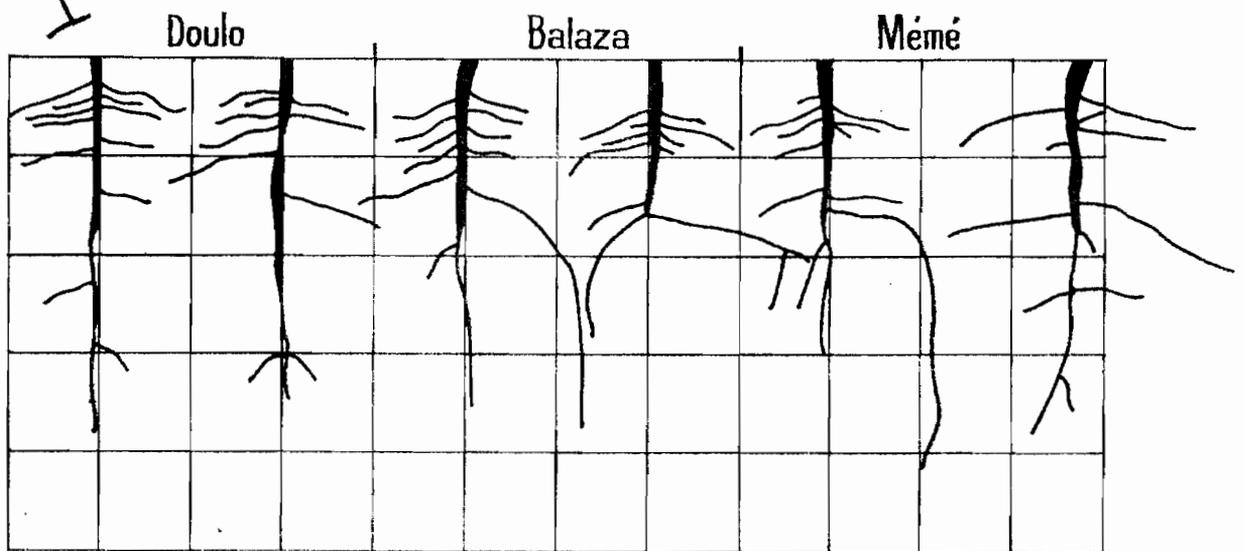
Développement racinaire important	sols ferrugineux sur dunes.
Développement racinaire normal	Sol peu évolué alluvions. Ferrugineux Tropicaux. Rouges tropicaux.
Développement racinaire faible	Vertisol Alluviaux hydromorphe Ferrugineux hydromorphe Halomorphes.

Graphique N°2. Développement des systèmes racinaires

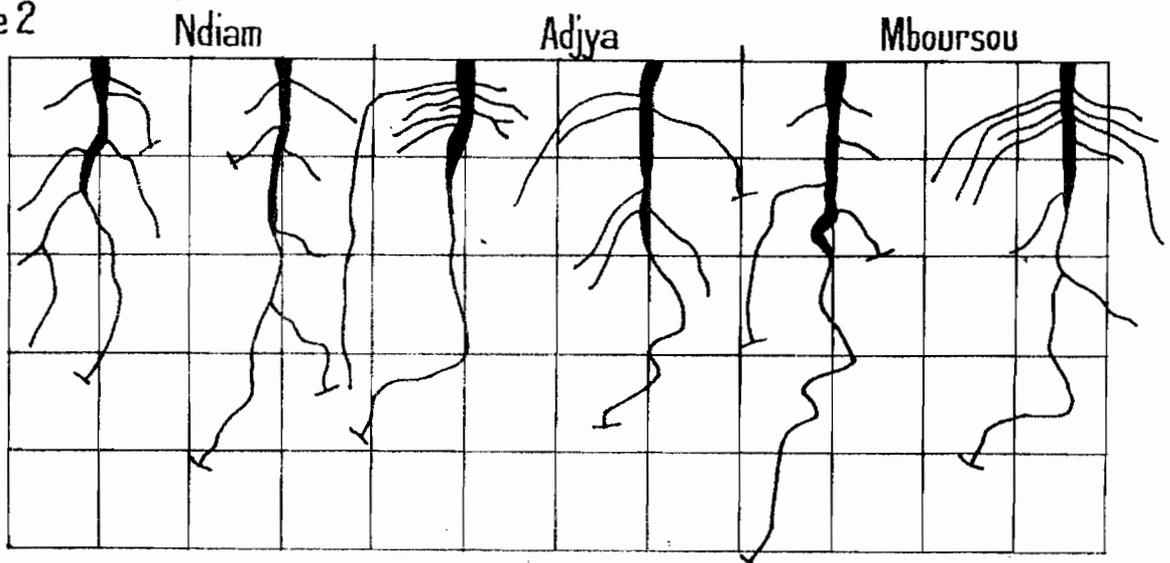
Type 1



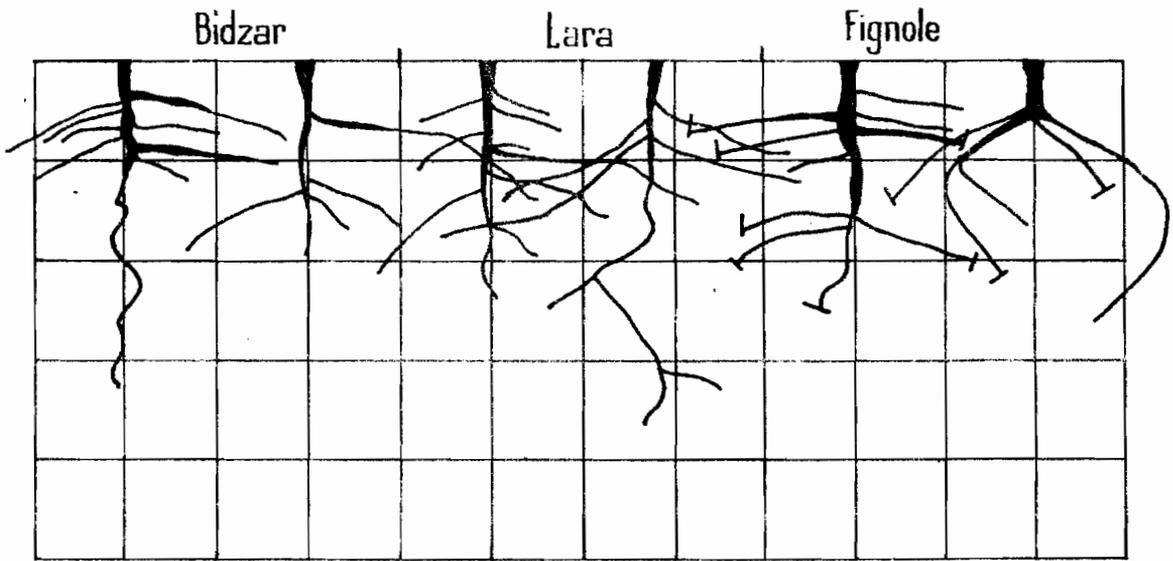
Type 2



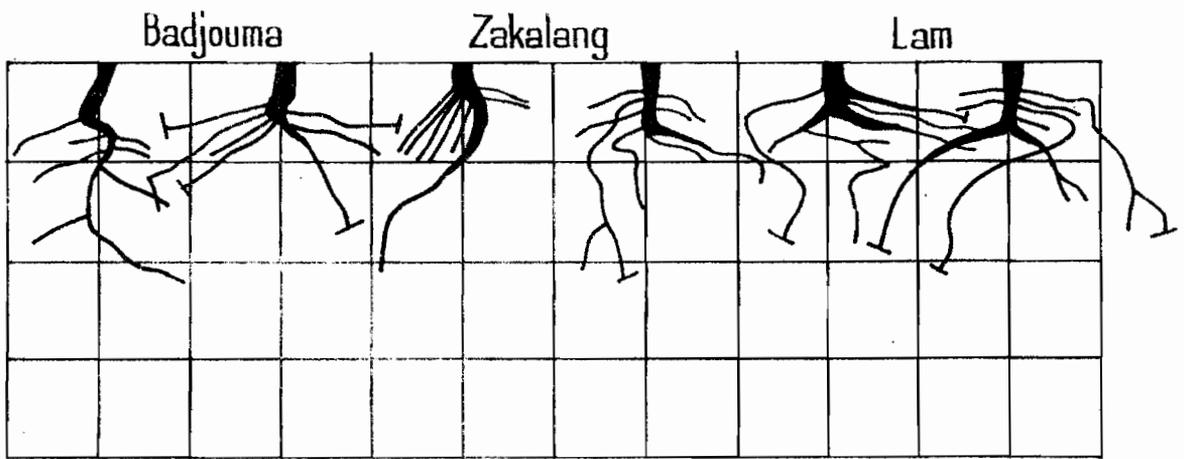
Type 2



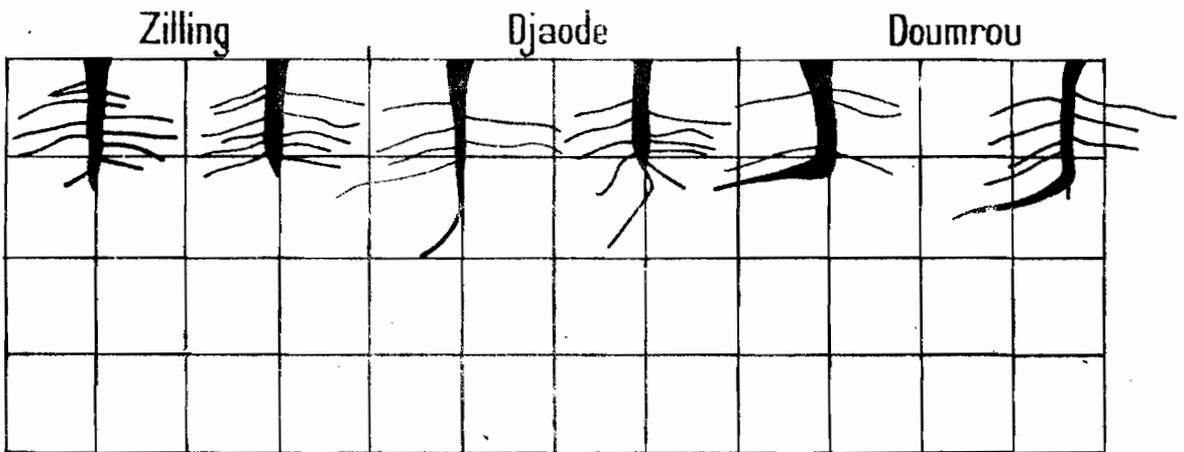
Type 2



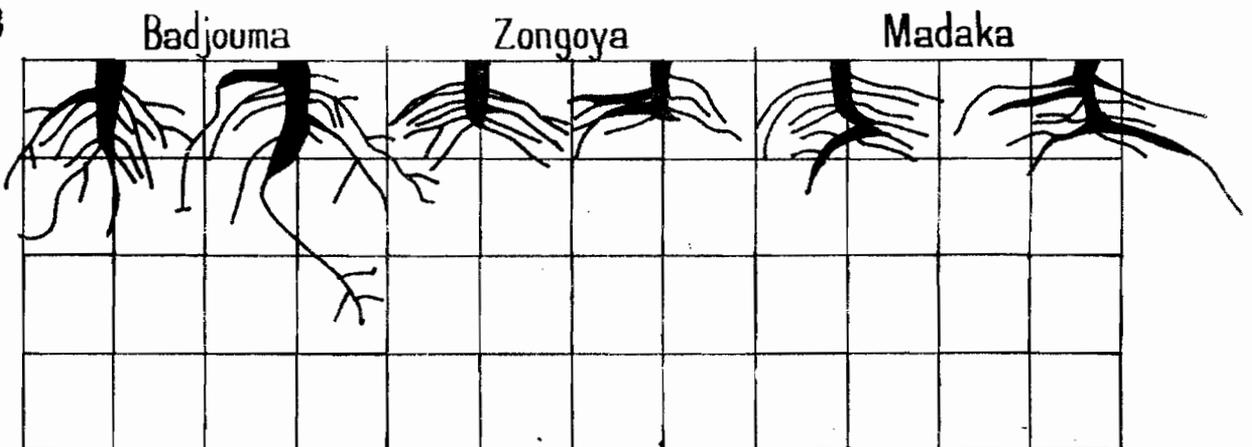
Type 3



Type 3



Type 3



413. Propriétés chimiques. (Tableau 4)

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 plus 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 des rapports $Pols/N_T$ et $Pols/P_T$ nous permet de regrouper les résultats obtenus comme suit :

$Pols > 50 \text{ ppm}$	$Pols / N_T > 0,1$	$Pols / P_T > 10 \%$
$25 \text{ ppm} < Pols < 50 \text{ ppm}$	$0,05 < Pols / N_T < 0,1$	$Pols/P_T > 10 \%$
$< Pols 25 \text{ ppm}$	$Pols/N_T < 0,05$	$Pols/P_T < 10 \%$

Le tableau N° 7 montre alors que ces divers groupes sont en relation avec la classification des sols étudiés. En particulier le rapport $Pols/P_T$ est toujours inférieur à 10 % pour les vertisols et les sols rouges tropicaux. Cette constatation rejoint l'hypothèse de DABIN (1970) suivant laquelle "les proportions relatives des différentes formes de phosphore dépendent essentiellement de la nature du sol et de son "pH". Il apparaît alors important de déterminer la vitesse de "retrogradation" des fumures phosphatées appliquées au sol. Divers essais ont été déjà réalisés par DABIN pour étudier ces transformations dans les sols tropicaux.

Quelques exceptions sont toutefois à signaler : l'essai de Yagoua sur sols ferrugineux tropicaux sur sables dunaires qui a une teneur en phosphore anormalement élevée, et le vertisol d'Adjya qui, comme tous les sols développés sur "roches vertes", est relativement riche en phosphore Olsen.

TABLEAU N° 7 - RELATION PHOSPHORE OLSEN - CLASSIFICATION
PEDOLOGIQUE

Essais	Pols ppm	Pols/N	Pols/ Pt %		
YAGOUA	112	0,24	18		Peu
MEME	137	0,34	14	Pols >50	évolués
MADAKA	76	0,16	25	Pols/N >0,2	d'apport
DJAODE	70	0,23	17	Pols/P _T >10	alluviaux
DOULO		0,14	22		
BALAZA	32	0,10	15		
LARA	36	0,09	18		
GUIDIGUIS	31	0,11	21		
FIGNOLE	31	0,05	12		
MADINGRIN	51	0,17	12	25 <Pols <50	Ferrugineux
FOUBORO	29	0,07	7	0,05 < Pols/N _T	tropicaux
FALA	29	0,14	16	< 0,1 Pols/P _T >10	et
DOYANG	25	0,04	6		sols halomor-
YAGOUA (69)	162	0,54	29		phe
KITCHMATARI	24	0,04	9		
DJAODE	37	0,09	10		
ZONGOYA	32	0,10	12		
ZILLING	25	0,08	11		
MBOMSON	20	0,06	9		
BIDZAR	27	0,04		Pols <25	Vertisols
DIAMLETINA	17	0,03	8	Pols/N _T < 0,05	et
ADJYA	40	0,06	13	Pols/T _T < 10	sols
ZAKALANG	27	0,05	7		rouges
LAM	16	0,05	6		tropicaux
BADJOUMA	20	0,05	6		

En nous référant aux travaux de DABIN (1967) nous pouvons faire les remarques générales suivantes :

Les sols peu évolués d'apport sur alluvions, et en particuliers 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 correcte.

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}/N_T 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 total est extraite par la méthode Olsen.

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 Mge/Ke et le potassium total (K_T).

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

$Ke/S \% > 2,5$	$3 < Mge/Ke < 10$	$K_T > 1 \text{ meq}/100g$
$Ke/S \% \approx 2$	$20 < Mge/Ke < 40$	$K_T > 1 \text{ meq}/100g$
$Ke/S \% < 1$	$20 < Mge/Ke < 40$	$K_T > 1 \text{ meq}/100g.$

L'étude du tableau N° 8 met alors en évidence un relation entre ces différents groupes de valeur et la classification des divers types de sols étudiés.

Si nous estimons, un peu empiriquement, qu'un sol bien équilibré du Nord-Cameroun doit présenter les rapports :

$Ke/S > 2 \%$	$3 < Mg/K < 25$	$K_T > 1 \text{ meq}/100g$
---------------	-----------------	----------------------------

nous pouvons alors faire les remarques suivantes :

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

TABLEAU N° 8 - RELATION POTASSIUM - TYPES DE SOLS

	Ke !meq/100g!	Ke/S %	Mg/Ke	K _T !meq/100g!		
MEME	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		Sols peu évolués alluviaux
DJAODE	0,3	4	6,6	-	K/S % > 2,5	Sols Ferrugineux Tropicaux
DOYANG	0,12	1	15	-	3 < Mg/K < 10	Sols Halomorphes
LARA	0,22	4	4,5	1,3	K _T > 1	
YAGOUA	0,3	5	4,3	-		
MADINGRIN	0,1	3	7	-		
FIGNOLE	0,2	3,2	10	2,3		
TALA	0,2	3,8	5	-		
ZONGOYA	0,23	2,4	8,9	3,7		
DJAODE	0,34	5,3	8,5	4,4		
KITCHIMETARI	0,1	3	9			
ZILLING	0,4	2,6	6			
MNOURSOU	0,13	2,1	20	2,7	Ke/S % \approx 2	Sols rouges Tropicaux
BIDZAR	0,15	1,7	40	2,7	20 < Mg/K < 40	
NDIAMLETINA	0,28	1,8	22		K _T > 1	
ADJYA	0,23	0,9	36	1,6	Ke/S % < 1	
ZAKALANG	0,21	0,6	25	3,4	20 Mg/K < 40	Vertisols
LAM	0,11	0,4	39	3,5		
BADJOUMA	0,15	1,2	21	1,9	K _T > 1	

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

Les sols halomorphes sont bien pourvus en potasse 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 faibles pour les seconds. De plus le rapport Mge/Ke, 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 potassique en attendant que la poursuite de ces études précise les besoins véritables.

414. Fertilité naturelle

Nous entendons ici par fertilité naturelle l'aptitude naturelle d'un sol à fournir des récoltes plus ou moins abondantes et régulières de coton, les conditions extrinsèques au sol (climat, techniques culturales, variétés génétiques...) étant supposées favorables. Nous nous limitons de plus ici, au point de vue richesse minérale, aux éléments majeurs NPK.

Les relations mises en évidence précédemment, entre certaines analyses physico-chimiques et la classification pédologique, nous permettent de donner une estimation qualitative de la fertilité des différents types de sol étudié.

Peu évolués d'apport : Les propriétés physiques sont favorables sauf pour Madaka qui a une texture un peu lourde entraînant des phénomènes d'hydromorphie de surface et de sécheresse en profondeur.

La teneur en azote est correcte, sauf sur l'essai de Balaza. Le potassium est bien représenté. Les taux de phosphore sont bons quoique un peu plus faibles sur les alluvions anciennes.

Dans l'ensemble ces sols ont donc une bonne fertilité.

Vertisols. Ils ont une fertilité naturelle médiocre tant par leur propriétés physiques que par leur faible teneur en azote potasse et phosphore. Le sol d'Adjya toutefois a des teneurs en azote et phosphore beaucoup plus satisfaisantes et ses propriétés physiques sont plus favorables ; rappelons que ce sol se développe sur une roche mère spéciale (roche verte de Maroua).

Les sols ferrugineux tropicaux : leurs propriétés physiques sont favorables sauf si un horizon concrétionné apparaît à faible profondeur, ou si leur texture est trop sableuse.

L'azote est plus ou moins déficient. Le potassium est bien représenté mais avec des réserves médiocres sur LARA et Fignolé. Le phosphore est un peu déficient et ses réserves sont faibles.

La fertilité de ces sols est donc moyenne malgré les réserves parfois faibles en éléments majeurs.

Les sols rouges tropicaux. La texture et la structure de ces sols sont favorables quoique la présence fréquente de cailloux puisse être dans certains cas un inconvénient certain.

Les teneurs en azote sont médiocres en particulier sur l'essai de Mbourso. Le potassium est relativement bien représenté mais le rapport Mg/K indique un déséquilibre défavorable. Le phosphore est faible.

Les sols halomorphes : la mauvaise structure de ces sols gêne beaucoup le développement racinaire et entraîne des phénomènes d'hydromorphie de surface et de sécheresse en profondeur. Les teneurs en azote sont très médiocres. Le potassium est bien représenté. Le phosphore par contre est faible.

Les propriétés physiques très défavorables et la déficience en phosphore entraîne une fertilité naturelle très faible.

42. Relation Analyses-foliaires - Type de sol

Le tableau N° 9 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 (graphique n° 4), et en précisant sur ce graphique la moyenne et l'écart type de ces valeurs, des relations plus ou moins étroites semblent se dégager.

421. L'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.

Tableau N° 9 - RELATION ANALYSES FOLIAIRES - TYPE DE SOLS

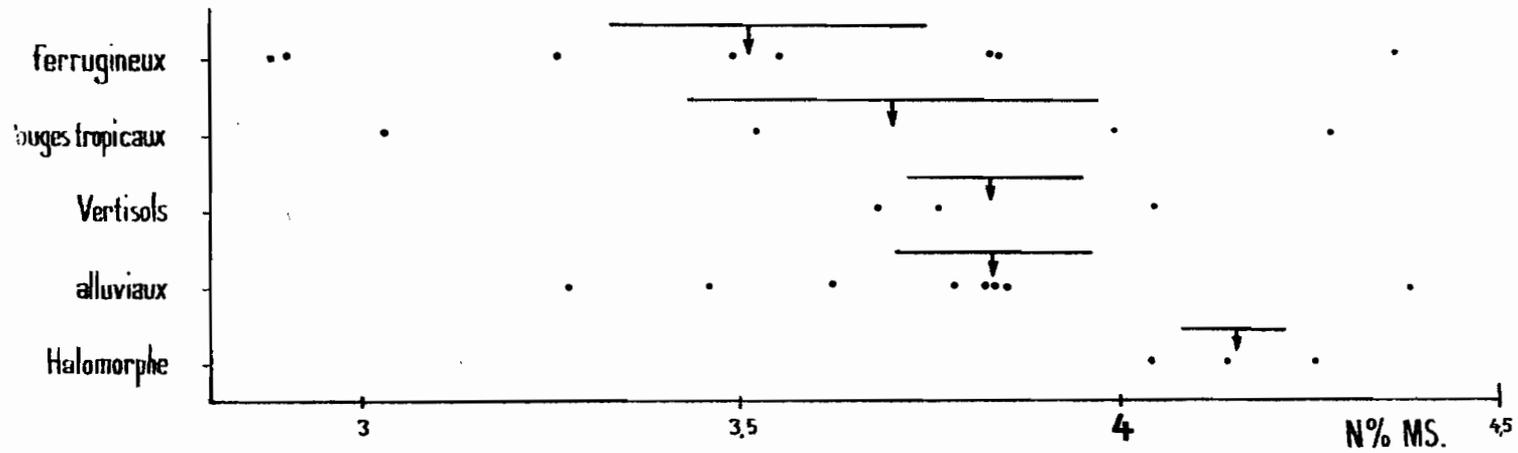
	E s s a i	Analyses foliaires parcelles sans engrais					
		N	S	P	K	B	
Peu évolué d'apport alluvial	Nguëtchéwé	4,38	0,58	0,48	3,36	-	
	Guétalé 69	3,82	-	0,33	-	-	
	Djaodé 69	3,78	0,76	0,45	4,00	14	
	Doulo 69	4,44	0,85	0,26	5,72	23	
	Mémé 68	3,85	0,88	0,34	5,52	21	
	Maroua	3,46	0,59	0,40	2,10	-	
	Yagoua 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	-	
		moyenne	3,83	0,72	0,40	4,70	
	Ecart type	0,13	0,04	0,04	0,45		
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	5,56	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	
		Ecart 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	
	Ecart 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	
	Ecart type	0,11	0,15	0,02	0,27		
Kalomorphe	Djaodé	4,28	0,90	0,32	5,80	23	
	Zilling	4,15	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	
	Ecart type	0,07	0,08	0,05	0,16		

Graphique n°4 - RELATION ANALYSES FOLIAIRES - TYPES DE SOLS
(Résultats en % MS des parcelles sans engrais)

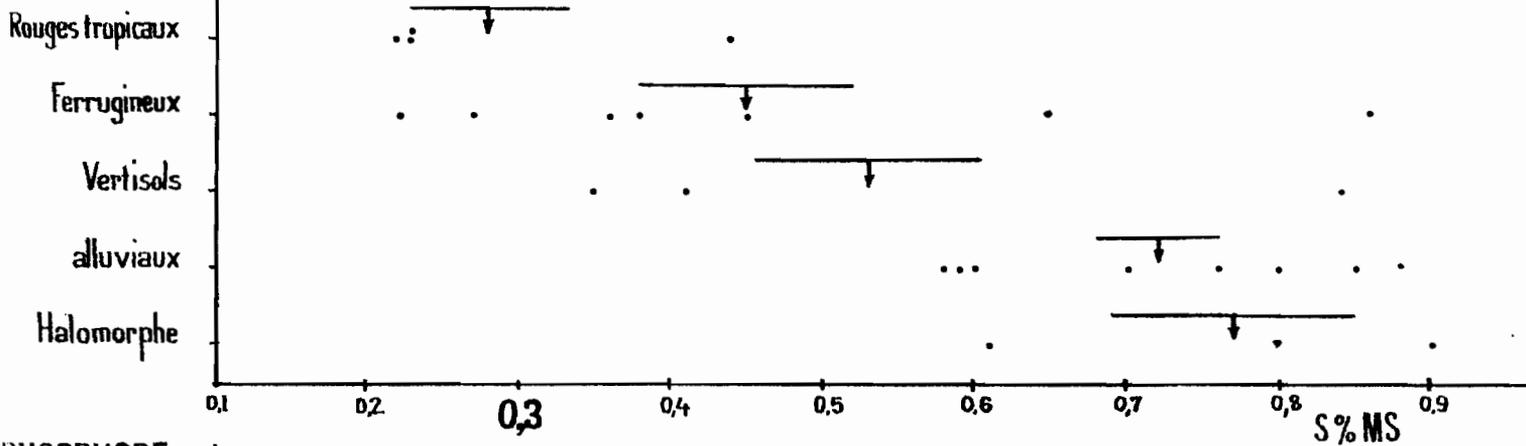
AZOTE

3: Niveau critique

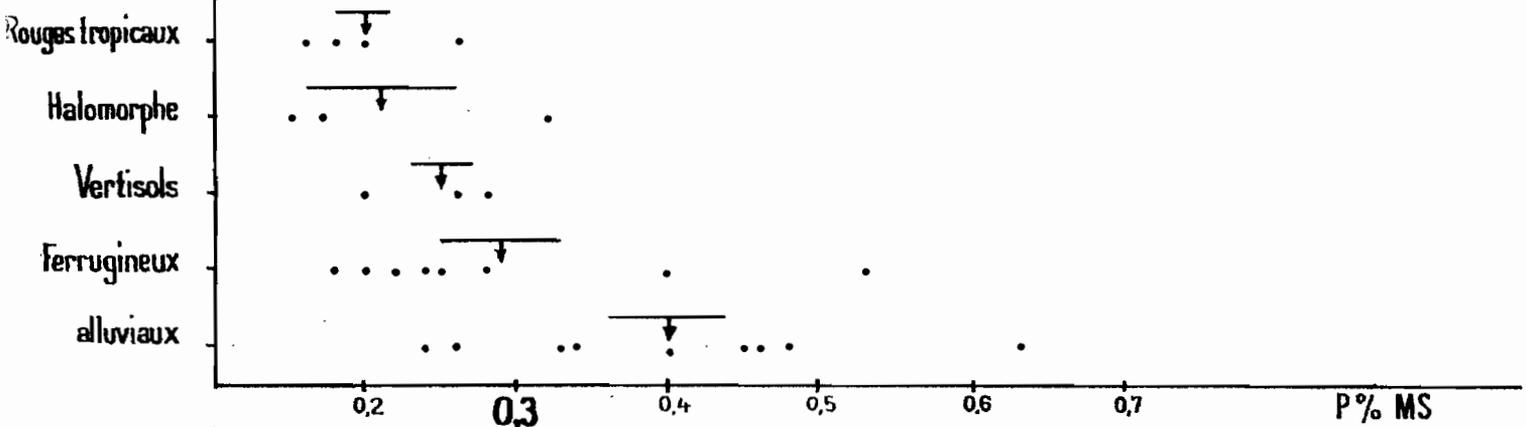
Moyenne et son écart type



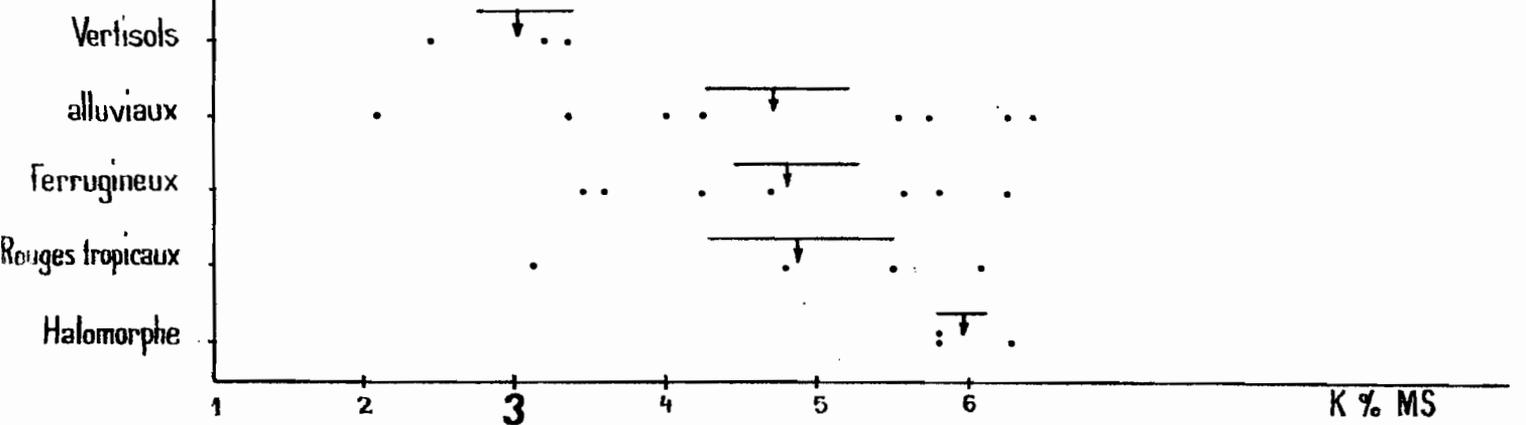
SOUFRE



PHOSPHORE



POTASSIUM



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

422. Le 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.

423. Le 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 des valeurs les plus élevées sur les sols peu évolués alluviaux (exceptions faites des essais de DOULO et ZONGOYA 67).

424. Le potassium

La dispersion des résultats est du même ordre de grandeur 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.

425. Le Bore

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

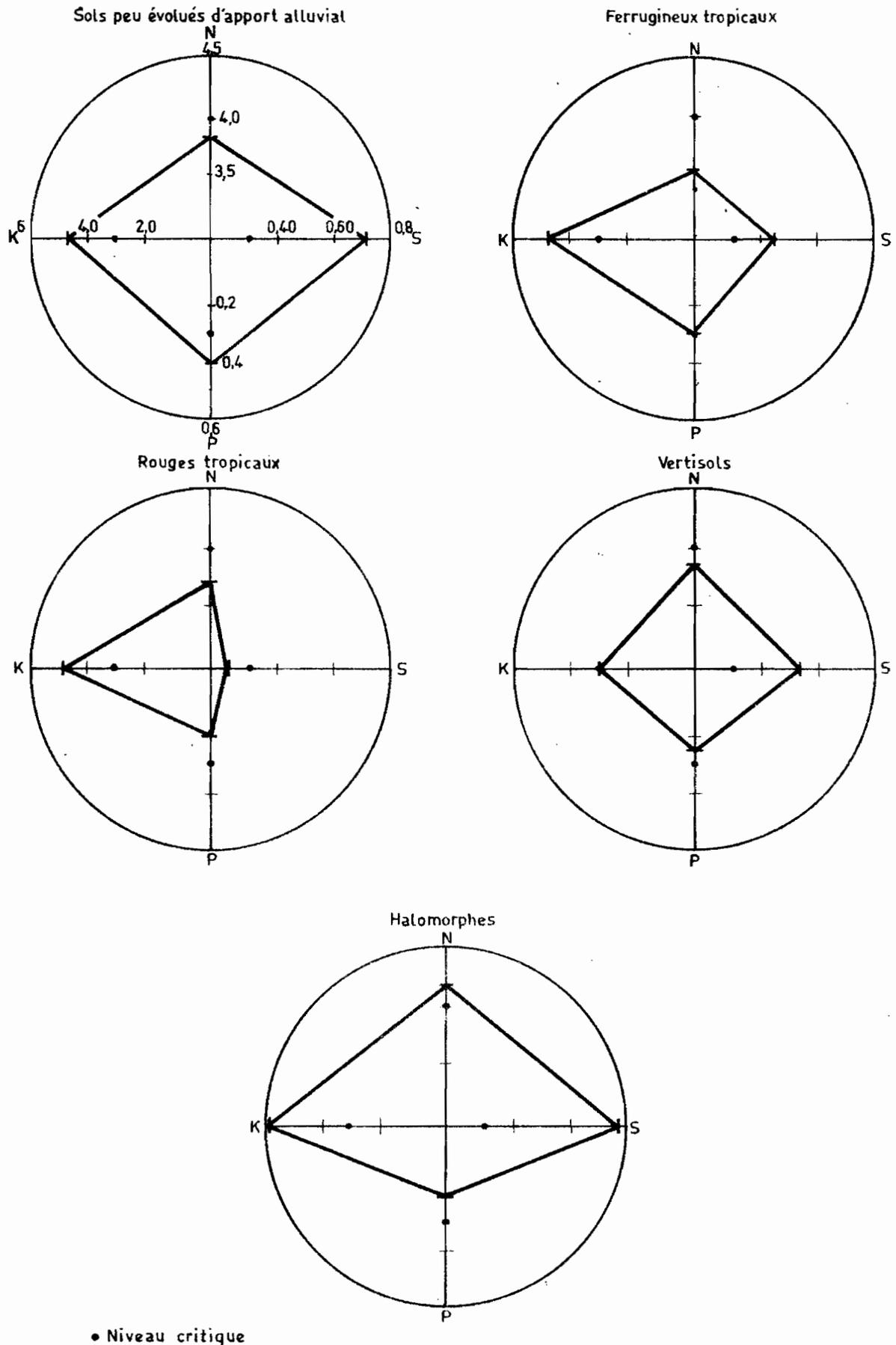
426. Conclusion.

Le graphique n° 5, 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 faible, celles des trois autres éléments sont satisfaisantes.

Sols ferrugineux tropicaux : Les teneurs en azote et soufre sont faibles, celles en phosphore sont médiocres et celles en potasse satisfaisantes.

GRAPHIQUE N°5: teneurs foliaires moyennes (%MS) en N.S.P.K_ Types de sol



Sols rouges tropicaux. Les teneurs en soufre sont très faibles
celles en phosphore et azote sont faibles, celles en potasse
satisfaisantes.

Vertisols : Les teneurs des quatre éléments sont faibles à médiocre.

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

43. Relation production coton-graine - Types de sol.

431. 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 techniques culturales
précisées dans les méthodes expérimentales, sur les parcelles sans
engrais, et la productivité potentielle par les rendements des
parcelles à fumure NSPK (B). (Tableau N° 10).

Les relations avec les types de sol sont représentées
dans le graphique n° 6.

Productivité naturelle.

Il ressort du Tableau n° 10 que nous pouvons regrouper
les essais en trois grands groupes : productivité naturelle
bonne, moyenne et faible. Le graphique n° 6 montre qu'une relation
avec les types de sol s'établit comme suit :

Productivité naturelle	Types de sol
Bonne (>1000 Kg/ha)	Peu évolués alluviaux Ferrugineux tropicaux
Moyenne (800 à 1000 Kg/ha)	Rouges tropicaux
Faible (600 à 800 Kg/ha)	Vertisols Sols halomorphes

Quelques exceptions sont toutefois à signaler :

Lara 67 : faible productivité qui ne correspond pas à
celle observée sur un essai de 1968.

YAGOUA 69: faible productivité ne correspondant pas aux
rendements obtenus en 1968.

Adjia : Forte productivité due au matériau originel de
ce vertisol.

Productivité potentielle.

Nous pouvons également regrouper les rendements obyrnud sur les parcelles NSPK (B) en quatre grandes catégories : productivité potentielle forte, moyenne, médiocre et faible. Le graphique n° 6 montre qu'une relation existe entre cette productivité potentielle et les types de sols étudiés :

Productivité potentielle	Types de sols
Forte (2000 Kg/ha)	Rouges tropicaux
Forte à Moyenne (1400 à 2400 kg/ha)	Peu évolués alluviaux Ferrugineux tropicaux
Médiocre (1000 à 1500 Kg/ha)	Vertisols
Faible (1000 Kg/ha)	Halomorphes

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

- Importance de la nutrition minérale en tant que facteur limitant.

La comparaison entre la productivité naturelle et la productivité potentielle, définies précédemment, va nous permettre de savoir dans quelle mesure la richesse minérale des sols (en ce qui concerne les éléments NSPK B) peut être considéré comme un facteur limitant la productivité en culture cotonnière.

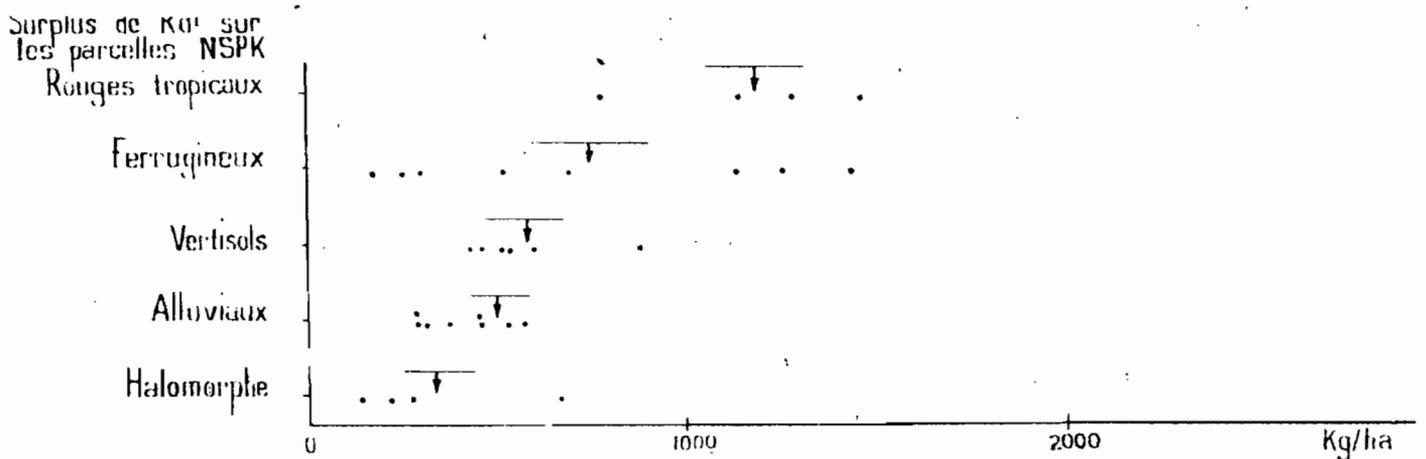
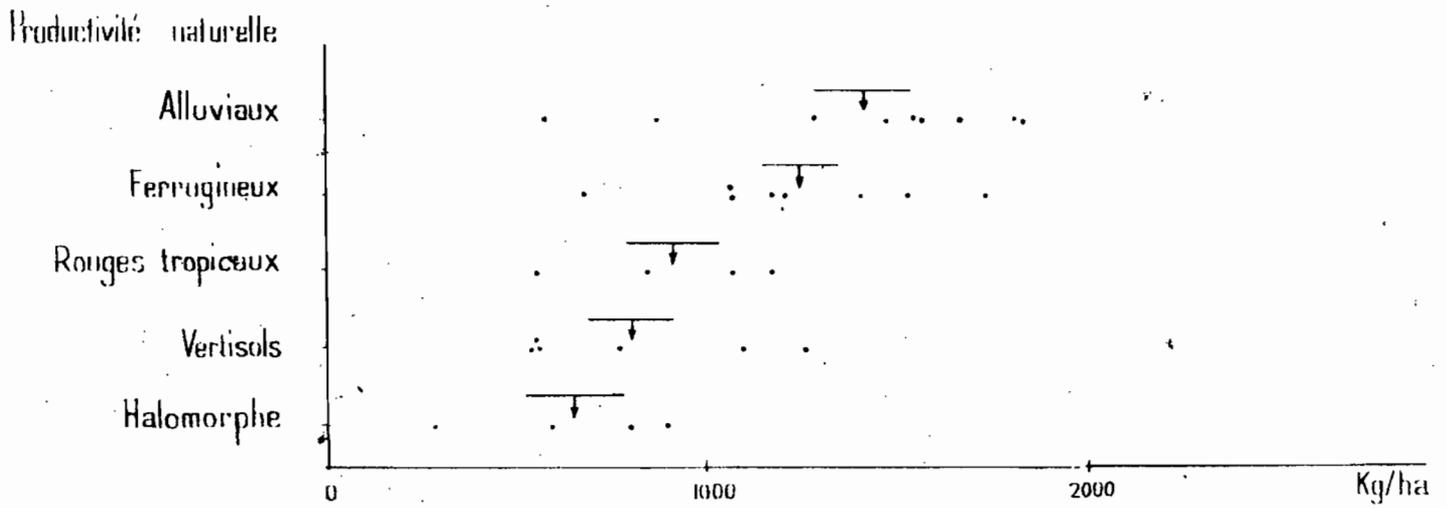
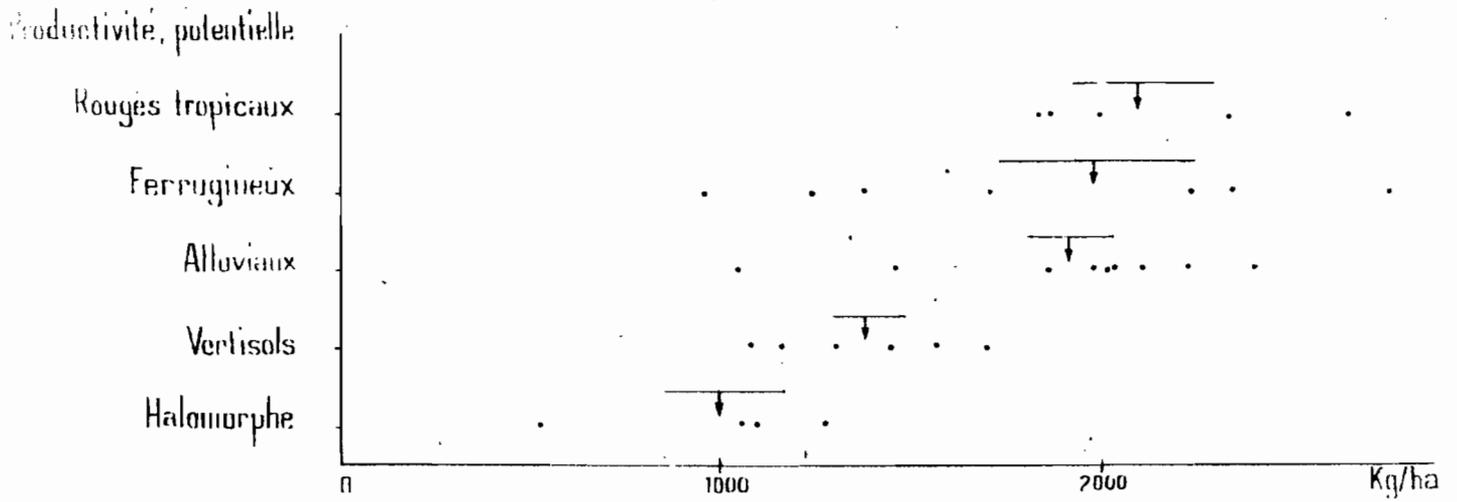
Le tableau n° 10 et le graphique n° 6 montre que l'importance de la nutrition minérale varie nettement avec les types de sol.

Importance de la nutrition minérale	Types de sols
Très fort	Rouges tropicaux
Moyen	Vertisols
Moyen à fort	Ferrugineux tropicaux
Moyenne à faible	Peu évolués alluviaux
Faible	Halomorphes

TABLEAU N° 10 - PRODUCTIVITE ET TYPES DE SOLS

Station	Rdt (NSPK)	Rdt (sans engrais)	Rdt sans engrais % NSPK	surplus de production par la fertilisation	types de sol
Guétalé	69	2122	86	303	Peu évolués alluviaux
Djaodé	69	1996	84	327	
Doulo		1861	83	307	
Nguetchewé		2228	82	396	
Madaka		2040	77	469	
Mémé	68	2024	73	544	
Balaza		1474	60	587	
Yagoua	69	1052	56	463	
Yagoua		2409	54	1118	
moyenne		1912	73	502	
Ecart type		137	4	83	
Doyang	68	1255	86	183	Ferrugineux
Touboro	69	1384	78	307	
Lara	67	970	72	274	Tropicaux
Doyang	69	1717	69	530	
Fignole	69	2243	69	704	
Yagoua		3187	55	1446	
Taala		2357	52	1140	
Madingrin		2778	51	1363	
moyenne		1986	66	743	
Ecart type		276	113		
Djaodé	68	1067	84	165	Halomorphe
Zongoya	68	1109	74	291	
Kitchimatari		533	56	235	
Zilling		1287	47	681	
moyenne		999	65	843	
Ecart type		162	8	115	
Adjia		1704	74	441	Vertisols
Badjouma	67	1514	70	474	
Meskin		1316	60	530	
Badjouma	68	1096	50	542	
Lam		1174	48	613	
Zakalang		1459	37	894	
moyenne		1387	56	582	
Ecart type		96	5	66	
Diamletina	67	1879	58	795	Rouges Tropicaux
Diamletina	68	2659	44	1476	
Bidzar		2007	42	1155	
Mbourson		1856	30	1293	
moyenne		2100	43	1180	
Ecart type		187	5	144	

Graphique n°6. PRODUCTIVITÉ . TYPES DE SOLS



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 à 500 kg/ha) compte tenu du niveau de la fertilité naturelle.

Les ferrugineux tropicaux présente une grande variabilité dans la réponse à la fumure, cette dispersion des résultats provient en partie des essais en taches 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 sont moyens, ceci, associé à une productivité naturelle faible, nous montre 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 1200 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 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 sur lesquelles des façons culturales appropriées doivent être mises au point.

432. 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.

L'Azote.

Les rendements des parcelles (- N) exprimés en % des parcelles NSPK (B) (TABLEAU N° 11) montre que tous les sols étudiés sont plus ou moins déficient 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 (fertilité naturelle) que ce vertisol était bien pourvu en azote et matière organique.

Tableau n° 11 - RENDEMENTS DES PARCELLES (- N) en % de NSPK ET DIMINUTION DE RENDEMENT DUE A SOUSTRACTION DE L'AZOTE.

Peu évolués alluviaux			Vertisols			Rouges Tropicaux		
Station	Rdt Kg/ha	% Rdt	Station	Rdt Kg/ha	% Rdt	Station	Rdt Kg/ha	% Rdt
Nguétchéwé	268	88+	Adjia	41	98	Diamletina 67	344	82
Madaka	417	79+	Lam	228	81	Bidzar	1074	56
Doulo	413	78+	Meskine	505	62	Diamletina 68	1237	53
Esakaza	415	72+	Badjouma 67	592	62	Mboursou	1045	44
Éné 68	667	67+	Badjouma	490	55			
Agoua	1027	58+	Zakalang 68	692	52			
Moyenne	534	74	Moyenne	540	68	Moyenne	925	59

Ferrugineux			Halomorphe		
Station	Rdt Kg/ha	% Rdt	Station	Rdt Kg/ha	% Rdt
Doyang 68	22	99	Zongoya	300	73 +
Fignolé	476	79 +			
Lara 67	246	75 +			
Moyenne	248	84	Moyenne		

+ Valeur significatives à P = 0,05

La relation entre les types pédologiques et la réponse à l'azote ne semble pas très étroite, ceci provient du fait que la teneur en matière organique dépend en grande partie de la végétation naturelle ou des antécédents culturels. Toutefois le tableau n° 11 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 sont en moyenne réduits de moitié lorsque cet élément est absent de la formule de fumure.

Le soufre.

Le tableau n° 12 nous montre que la majeure partie des sols étudiés ne sont pas déficients en soufre.

TABLEAU N° 12 - RENDEMENT (S) EN % NSPK (B)

Peu évolués alluviaux			Vertisols			Rouges Tropicaux		
Station	Rdt Kg/ha	% Rdt	Station	Rdt Kg/ha	% Rdt	Station	Rdt Kg/ha	% Rdt
Yagoua 68	142	95	Adjya	13	92	Mboursou	313	83
Yagoua 69	154	85	Meskin	200	85+	Bidzar	568	72
Doulo	129	93	Zakalang	61	96	Diamletina 68	589	78
Nguetchéwé	133	94	Lam	11	99	Diamletina 67	186	90
Guétalé	271	87	Badjouma 68	24	102			
Madaka	23	99	Badjouma 67	63	90			
Balaza 69	120	92						
Djaode 69	120	94						
Memé 68	78	96						
Moyenne	130	93	Moyenne	71	94	Moyenne	414	81

Ferrugineux			Halomorphes		
	Rdt Kg/ha	% Rdt		Rdt Kg/ha	% Rdt
Doyang 68	56	105	Kitchimatari	21	104
Doyang 69	224	87	Zongoya	176	84
Lara 67	49	105	Zilling	39	97
Yagoua	191	94			
Tala	115	105			
Fignole	135	106			
Madingrin	502	82			
Touboro	2	100			
Moyenne	70	98	Moyenne	65	95

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. Ceci peut provenir du fait que tous ces essais ont été conduits après débroussement. La poursuite des études, sur les essais en culture continue, devrait permettre de préciser ce problème.

Le Phosphore.

Les rendements des parcelles sans phosphore par rapport aux parcelles à fumure complète permettent de regrouper les sols suivants leurs types pédologiques comme le montre le tableau n° 13.

TABLEAU 13 - RENDEMENTS DES PARCELLES (- P) en % N S P K -

Peu évolué alluviaux			Vertisols			Rouges Tropicaux		
Station	Rdt Kg/ha	% Rdt	Station	Rdt Kg/ha	% Rdt	Station	Rdt Kg/ha	% Rdt
Madaka	45	102	Mestine	81	94	Bidzar	633	68
Doulo	26	99	Adjia	323	81	Diamletina 67	816	56
Nguétchiwé	71	97	Badjouma 68	420	62	Diameltina 68	1239	53
Djaodé 69	82	92	Zakalang	887	39	Mboursou	1008	46
Mémé 68	152	92	Lam	724	37			
Yagoua 68	305	79	Badjouma 67	259	84			
Balaza	307	88						
Yagoua 69	154	79						
		87						
Moyenne	131	92	Moyenne	449	66	Moyenne	924	56

Ferrugineux			Sols Halomorphes		
Station	Rdt Kg/ha	% Rdt	Station	Rdt Kg/ha	% Rdt
Madingrin	65	98	Zongoya 68	244	78
Yagoua	170	95	Kitchimatari	265	50
Taala	242	90	Zilling	709	45
Lara 67	167	83			
Figolé	461	79			
Doyang 69	423	75			
Doyang 68	433	66			
Moyenne	280	84	Moyenne	406	58

Les sols peu évolués alluviaux sont bien pourvus en phosphore.

Les sols ferrugineux tropicaux sont un peu plus déficients, la chute de rendements due à l'absence du phosphore peut atteindre 20 à 30 %.

Les sols rouges tropicaux, les vertisols et les sols halomorphes accusent des déficiences très fortes. Les rendements peuvent être réduit de 40 à 50 % en l'absence de phosphore. Seuls les vertisols d'Adjia et de Meskine, développés sur roches vertes, montrent une déficience beaucoup plus faible.

Le potassium

Les réponses au potassium sont pratiquement nulles sur tous les essais comme le montre le tableau n° 14.

TABLEAU N° 14 - RENDEMENT - K en % NSPK

Peu évolués alluviaux			Vertisols			Rouges Tropicaux		
Station	Rdt Kg/ha	% Rdt	Station	Rdt Kg/ha	% Rdt	Station	Rdt Kg/ha	% Rdt
Mémé	83	96	Zakalang	13	99	Mbourson	383	121
Nguetchewé	46	102	Lam	302	125	Bidzar	182	109
Yagoua	218	92	Badjouma 68	79	93	Diamletina 68	153	94
Guétalé	13	101	Badjouma 67	151	110	Diamletina 67	160	103
Doulo	31	98	Adjia	34	98			
Balaza	182	112	Meskine	33	97			
Djaodé	193	99						
Moyenne	41	99	Moyenne	49	104	Moyenne	143	108

Ferrugineux			Halomorphes		
Station	Rdt Kg/ha	% Rdt	Station	Rdt Kg/ha	% Rdt
Doyang 69	41	98	Zongoya	42	96
Lara	41	104	Kitchimatari	24	104
Yagoua	267	108	Zilling	87	93
Madingrin	43	98			
Figrole	116	105			
Tala	52	102			
Doyang 68	211	117			
Touboro	65	104			
Moyenne	83	104	Moyenne	35	98

Le potassium ne semble donc facteur limitant sur aucun sol, ceci peut provenir du fait que les essais ne sont cultivés de façon intensive que depuis un an. La poursuite des études devrait permettre, sur les essais en culture continue, de préciser ce problème potassium.

Le 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 n° 15 montre seulement des déficiences significatives sur les essais de Djaodé et de Kitchimatari. Signalons toutefois que sur tous les essais étudiés ici des symptômes de déficiences ont été observés sur les pétioles.

TABLEAU N° 15 - RENDEMENTS B EN % NSPK

Peu évolués alluv.			Ferrigneux			Halomorphes		
Station	Rdt Kg/ha	% Rdt	Station	Rdt Kg/ha	% Rdt	Station	Rdt Kg/ha	% Rdt
Yagoua 69	178	83	Doyang 69	58	97	Kitchimatari	189	64
Guétalé	27	99	Yagoua/K	89	103	Zilling	26	102
Djaoudé	224	89	Taula	30	101			
			Madingrin	58	98			
			Touboro	42	103			
Moyenne	143	90	Moyenne	9	100	Moyenne	81	83

433. Récapitulation

La nature des déficiences minérales et leur importance relative est 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 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 longue durée ; sur les autres sols le soufre ne semble pas facteur limitant.

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

Nous avons représenté dans le graphique N° 7 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.

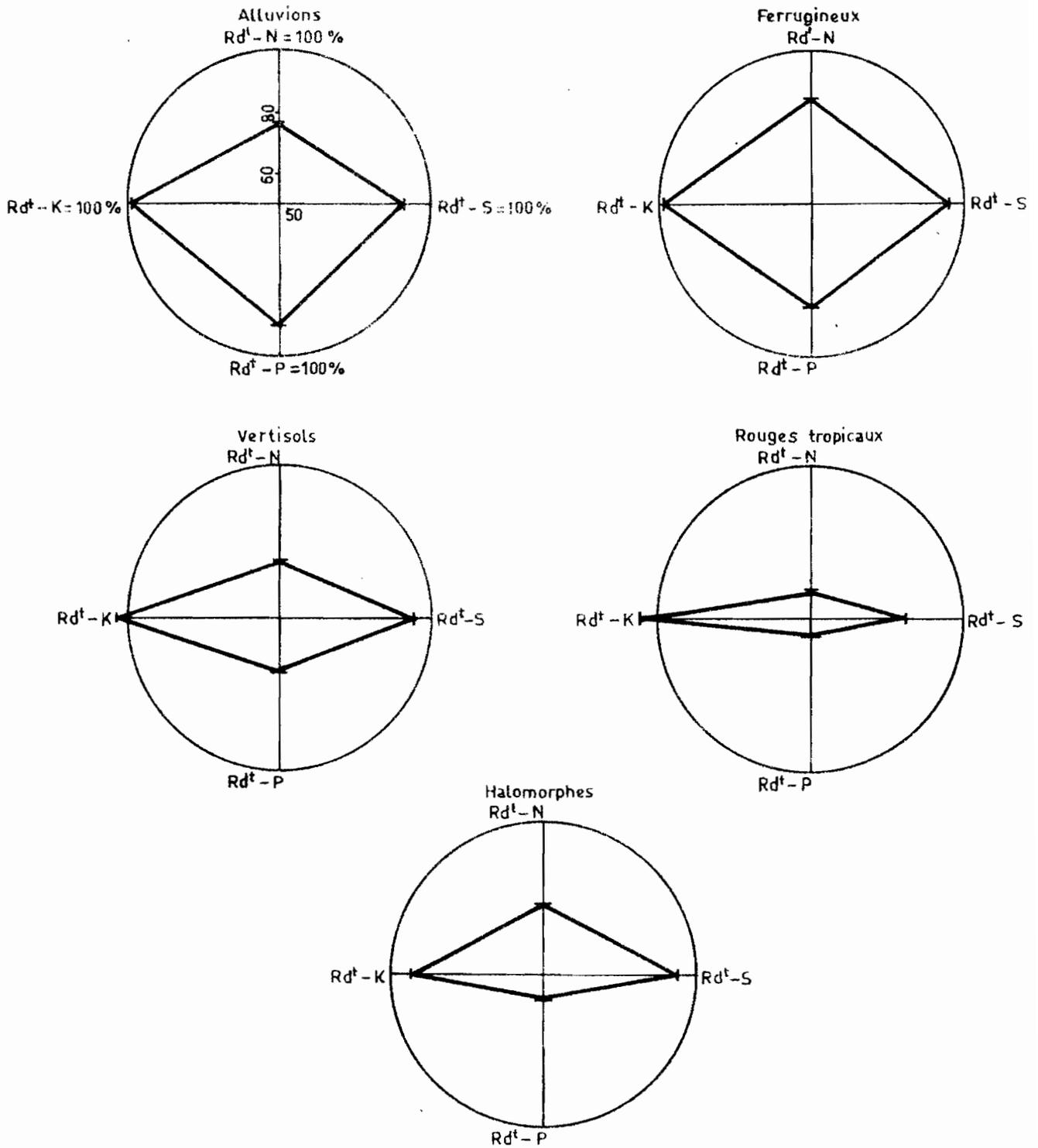
Sols peu évolués alluviaux : Déficience en azote. Les autres éléments ne sont pas des facteurs limitants de premier ordre.

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

Vertisols : Déficience forte en azote et phosphore.

Rouges tropicaux : Déficience très forte en azote et phosphore, déficience secondaire en soufre.

Graphique N° 7. DÉFICIENCES MINÉRALES .TYPE DE SOLS



Les rendements sont exprimés en % des rendements N S PK .

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.

434 - Autres facteurs limitants

- Alimentation hydrique.

La partie nord de la zone cotonnière se trouve dans les conditions de pluviométrie limite pour la production (voir chapitre climat). La période pluvieuse est courte, et de plus l'intensité des pluies très forte. Ceci entraîne un ruissellement important et une infiltration faible, d'autant plus que certains sols (peu évolués alluviaux, halomorphes) sont très battants. C'est ainsi que sur ces sols l'épaisseur de l'horizon humide ne dépasse pas 10 à 15 cm, ce qui freine beaucoup le développement racinaire et donc l'alimentation en eau de la plante. Par contre sur les sols sableux la quantité d'eau infiltrée est abondante, ceci lié à un développement racinaire important (voir profil cultural) permet une alimentation hydrique plus correcte.

Toutes les techniques culturales doivent concourir à faciliter l'alimentation hydrique des cotonniers.

- Le sarclage est très favorable. En effet les mauvaises herbes concurrencent les cotonniers vis à vis de l'eau, mais également de l'assimilation des éléments minéraux et de la lumière.
- Le buttage doit concourir lui aussi à augmenter l'infiltration de l'eau dans le sol, il évitera de plus les effets nuisibles de l'eau stagnante sur le collet des cotonniers.

Un essai conduit à Maroua sur sol alluvionnaire sablonneux met en évidence l'influence des façons culturales et en particulier du buttage sur la production.

Labour à la charrue + 2 sarclages + 2 buttages	(entretien parfait)	;	2276 kg/ha:	100 %
houage manuel + 2 sarclages + 2 buttages	(entretien parfait)	:	2179 kg/ha:	96 %
houage manuel + 4 sarclages sans buttages	(entretien parfait)	:	1563 kg/ha:	69% +
houage manuel + 5 sarclages tardifs sans buttage	(mauvais entretien)	:	1023 kg/ha:	45%++

- Les semis doivent être effectués le plus tôt possible même au risque d'être obligé de répéter les semis non réussis. En effet le cotonnier a un cycle végétatif, s'étalant sur 140 à 170 jours, peu influencé par les facteurs extrinsèques ; or la durée moyenne de la

saison pluvieuse est comprise entre 90 jours pour les régions septentrionales et 50 jours pour les régions méridionales. Si l'on estime que suivant la nature du sol son humidité peut se maintenir une trentaine de jours, nous voyons qu'il est indispensable de semer dès les premières pluies.

Un essai de date de semis conduit à Maroua en 1968 sur sol alluvionnaire sableux illustre l'effet de la date de semis sur les rendements. Les semis ont été effectués échelonnés dans le temps; et après une pluie importante comme le font d'habitude les planteurs indigènes.

! semis le	6 juin	! 1943 kg/ha de coton-graine	! 100 %	!
! semis le	15 juin	! 1763 " " "	! 91 %	!
! semis le	3 juillet	! 1170 " " "	! 60 % ++	!
! semis le	15 juillet	! 750 " " "	! 38 % ++	!

4. RELATION ANALYSES PEDOLOGIQUES - PRODUCTION COTON-GRAINES

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.

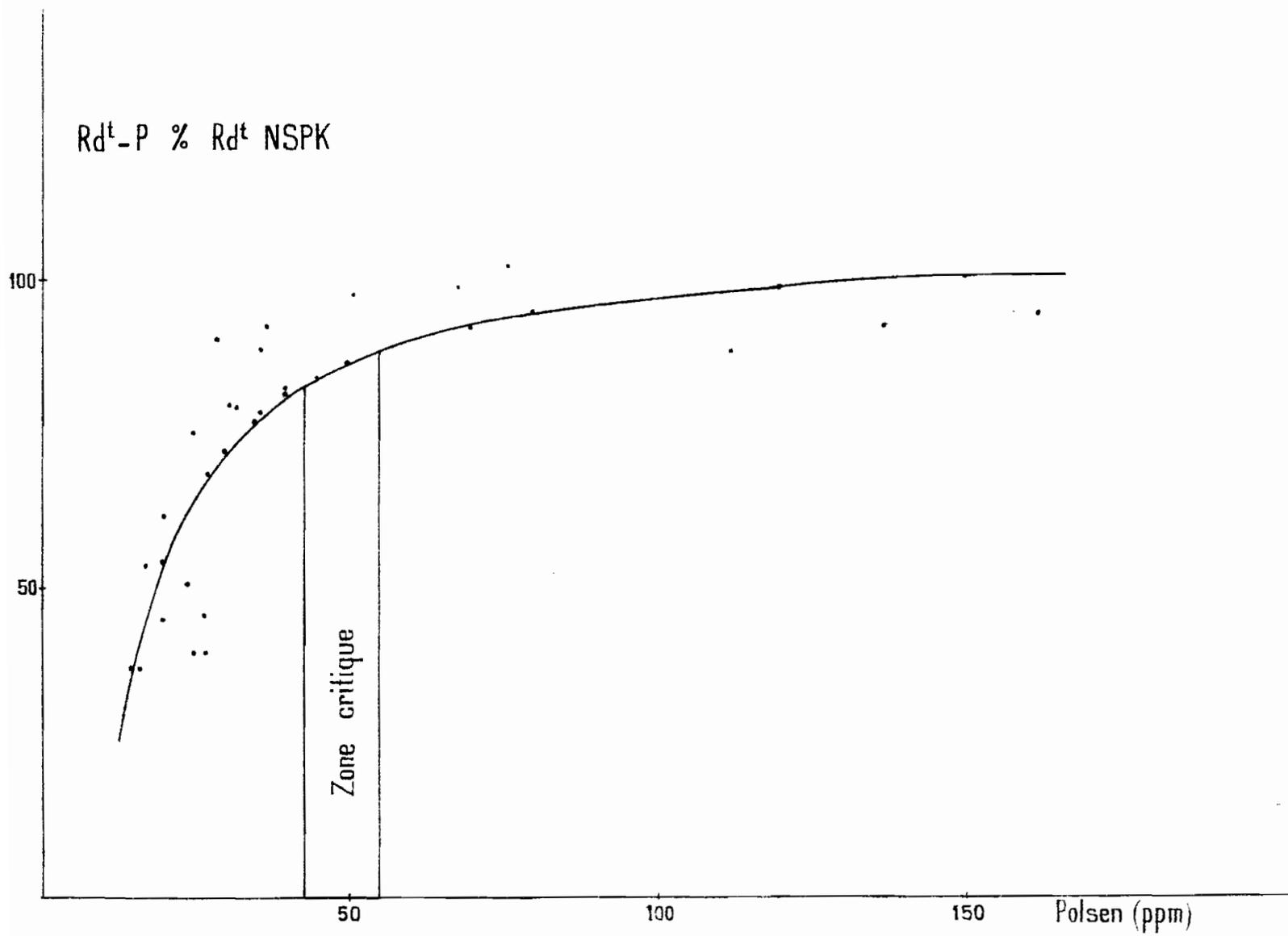
441. L'Azote.

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 ceci ne donne aucun résultat satisfaisant d'autant plus que le nombre d'essai comparable devient alors trop réduit.

Des études ultérieures devront donc tester des méthodes analytiques plus adaptées au problème de nutrition minérale (N minéralisable, N nitrique, N ammoniacal ...).

442. Le 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.



Graphique n° 8. Relation phosphore 0/seru - Rendement des parcelles - P.

Seul le phosphore OLSEN est en relation avec les rendements des parcelles n'ayant pas reçu cet élément dans la fumure. Le coefficient de corrélation est de 0,840 et l'ajustement à une fonction hyperbolique nous donne la relation :

$$Rd^t (- P) = 107,8 - \frac{1088}{Pols}$$

La moyenne des différences significatives, à $P = 0,05$, des rendements des parcelles (- P) exprimés en % des parcelles NSE_{1,2}, est comprise dans l'intervalle $14,7 \pm 2,8$, 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 $43 < Pols < 55$ 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 différentes formes sous lesquelles se trouvait cet élément dans le sol. Il ressort des résultats que le phosphore d'inclusion et organique domine largement dans tous les sols, leur somme est comprise entre 40 et 80 % du phosphore total, sauf dans les vertisols où les formes calciques, voisines de 40 % du phosphore total, sont très importantes. 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 PCa, sont déficients en phosphore.

Enfin nous avons étudié l'interaction azote-phosphore. Le rapport Pols/N total a été comparé aux rendements des parcelles sans phosphore ou sans azote. (Tableau n° 16). 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.

TABLEAU N° 16

	Station	Pols	Pols/N	Rdt-P	Rdt-N	
Peu évolués	Yagoua	112	0,24	88,2	58,2	Réponse faible à P Réponse moyenne à N
	M e m e	137	0,34	92,5	67,1	
	Doulo	58	0,12	98,6	77,8	
	Madaka	76	0,16	102,2	79,5	
	Balaza	32	0,10	79,1	71,8	
	Djaode	70	0,23	92	-	
Vertisol	Adjya	40	0,06	81,2	97,6	
Ferrugineux	Yagoua	162	0,54	94,6	-	Réponse moyenne à P et à N
	L a r a	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 développés.	Zakalang	27	0,05	39,2	52,5	(Besoins en P très forts, par risque de blorisque de blocage d'une partie importante de la fumure).
	Badjouma	20	0,05	61,6	55,5	
	Lam	16	0,05	36,9	80,6	
Halomorphe	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	-	

Les réponses à la fumure potassique sont pratiquement nulles sur tous les essais, il est donc 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 potasse. Toutefois il ne faut pas oublier que l'expérimentation concernant cette étude ne porte que sur une année de culture cotonnière intensive. Il nous faut donc être beaucoup plus prudent et ne pas tirer de conclusions trop hâtives. Nous avons montré précédemment (δ 4122) que certains sols accusent analytiquement des déficiences, ces dernières pourraient bien se matérialiser par des chutes rendements dans quelques années. Seule la poursuite de cette étude permettra de préciser ce problème.

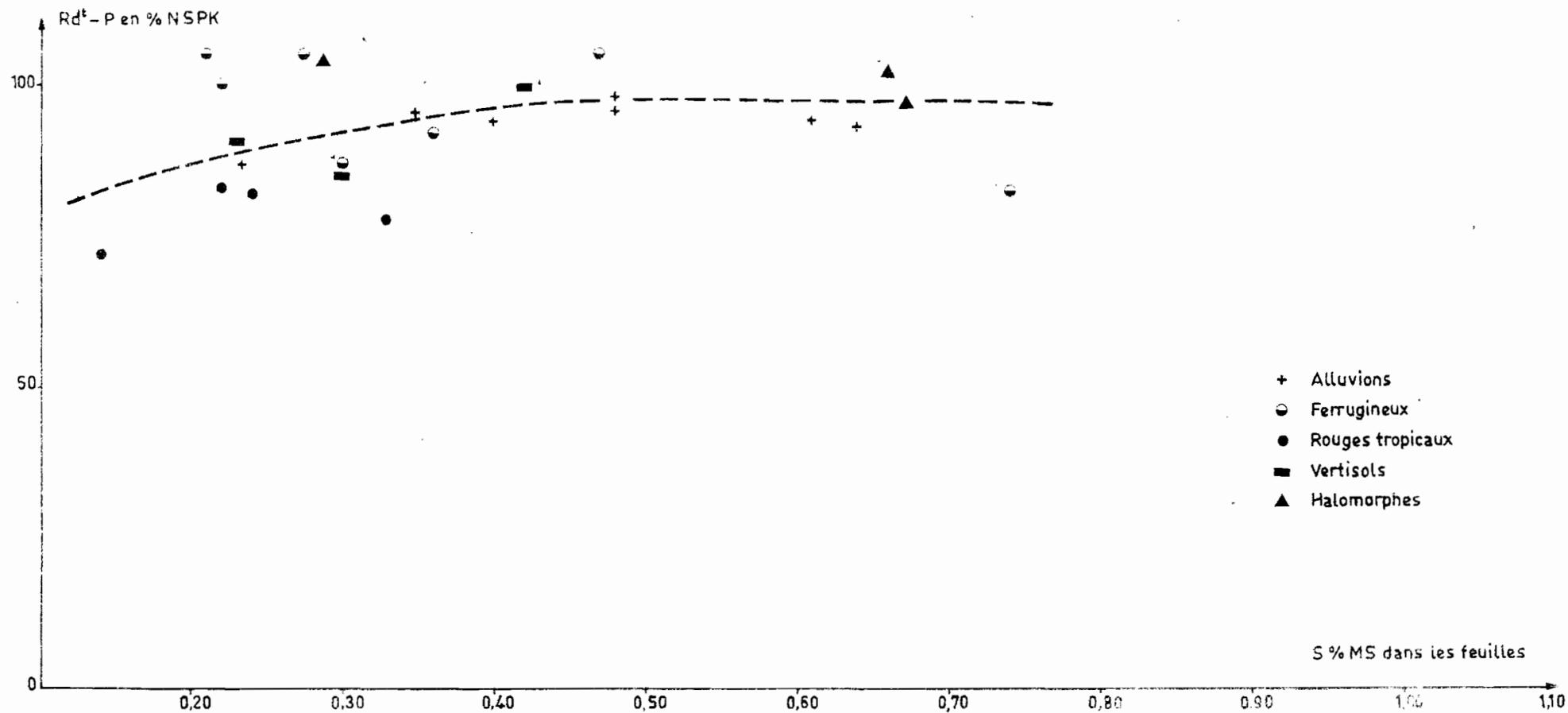
45 - Relation analyses foliaires - Production Coton-grains.451 - L'azote

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

452 - Le SoufreTABLEAU N° 17 - RENDEMENT DES PARCELLES (- S)-ANALYSES FOLIAIRES

! Peu évolué alluviaux			! Vertisols			! Rouges tropicaux		
! Station	! S	! Rdt %	! Station	! S	! Rdt %	! Station	! S	! Rdt %
! Yagoua 68	! 0,35	! 95	! Adjia	! 0,42	! 99	! Mboursou	! 0,22	! 83
! Yagoua 69	! 1,20	! 85	! Meskin	! 0,30	! 85	! Bidzar	! 0,16	! 72
! Doulo	! 0,64	! 93	! Badjouma 67	! 0,23	! 90	! Diamletina	! 0,24	! 90
! Nguetchewé	! 0,40	! 94				! Diamletina	! 0,33	! 78
! Guetale 69	! 0,23	! 87						
! Djaoudé 69	! 0,61	! 94						
! Memé 68	! 0,48	! 96						
! Zongoya	! 0,48	! 98						
! Moyenne	! 0,53	! 93	! Moyenne	! 0,32	! 91	! Moyenne	! 0,24	! 81
Ferrugineux			Halomorphe					
! Station	! S	! Rdt	! Station	! S	! Rdt			
! Boyang 69	! 0,20	! 87	! Kitchimatari	! 0,29	! 104			
! Lara 67	! 0,27	! 105	! Djaodé 68	! 0,66	! 102			
! Lara 68	! 0,74	! 82	! Zilling	! 0,67	! 97			
! Yagoua	! 0,36	! 94						
! Taala	! 0,47	! 105						
! Fignolé	! 0,19	! 106						
! Touboro	! 0,22	! 100						
! Moyenne	! 0,53	! 93	! Moyenne	! 0,54	! 101			

GRAHIQUE N°9 Rendement des parcelles - S - Analyses foliaires



Le graphique N° 9 montre que la pente de la courbe de réponse au soufre est très faible, confirmant l'absence de déficience soufrée très marquée au Nord-Cameroun. Les teneurs inférieures au niveau critique (0,30 % MS) sont exceptionnelles.

453. Le Phosphore

TABLEAU N° 18 : RENDEMENT DES PARCELLES (-P) - ANALYSES FOLIAIRES

Peu évolués alluviaux			Vertisols			Rouges Tropicaux		
Station	P	Rdt	Station	P	Rdt	Station	P	Rdt
Yagoua 68	0,63	88	Adjia	0,20	81	Mbourson	0,16	46
Yagoua 69	0,46	87	Meskin	0,26	94	Bidzar	0,26	68
Doulo	0,26	99	Badjouma 67	0,28	84	Diamletina	0,20	56
Nguetchewé	0,48	97				Diamletina	0,18	53
Cuetalé		98						
Djaodé 69	0,45	92						
Zongoya 67	0,24	70						
Moyenne	0,31	90	Moyenne	0,20	86	Moyenne	0,16	56

Ferrugineux			Halomorphe			Schistes		
Station	P	Rdt	Station	P	Rdt	Station	P	Rdt
Doyang 68	0,25	75	Kitchimatari	0,17	50	Babouri	0,49	78
Lara 67	0,28	83	Djaoudé	0,32	92			
Lara 68	0,24	88	Zilling					
Yagoua	0,20	95						
Taala	0,53	90						
Fignole	0,22	79						
Moyenne	0,24	85	Moyenne	0,21	62			

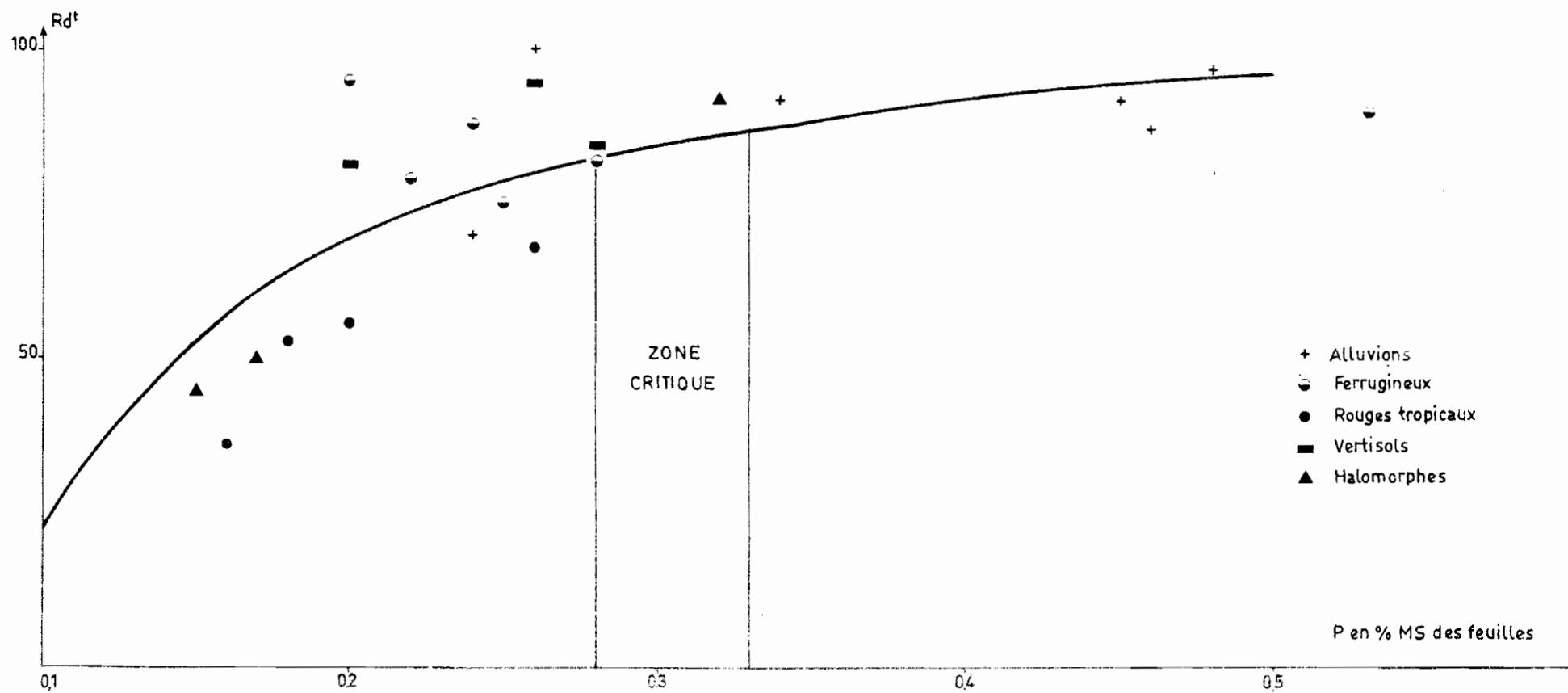
Le graphique N° 10 montre une relation étroite entre les rendements des parcelles (- P) exprimés en % des rendements obtenus sur les parcelles NSPK et la teneur en phosphore (Po) des feuilles des parcelles sans engrais. Cette teneur P fournit une information sur la richesse initiale en phosphore du milieu 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 ceci permet de définir un niveau critique du phosphore compris entre 0,28 et 0,34 % MS.

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.

GRAPHIQUE N°10 Rendement des parcelles - P - Analyses foliaires



45 . Le 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.

Toutefois à la Maison Rurale de Touboro nous avons pu faire l'observation suivante sur l'évolution de la déficience en bore :

Précédent Cultural	Symptômes de déficience
Débroussement	-faibles symtômes sur pétioles, sans influence sur rendements
Débroussement - Coton fumé	-symptômes nets sur pétioles, sans influence sur rendements apparente.
Débroussement-Coton-Coton-Sorgho -Arachide	-Symptômes très nets sur pétioles, malformations des sommets en fin de végétation, action certain sur les rendements.
Débroussement-Coton-Coton-Sorgho -Arachide-Coton	-Symptômes très nets sur pétioles, malformation des sommets en fin de végétation, nombreux plants stérilisés par tâches, influence direct sur les rendements allant à zéro sur les tâches à plants stérilisés.

Bien que la déficience en bore soit maintenant bien connue par ces symptômes foliaires, elle ne semble pas encore avoir grand incidence sur les rendements. L'exemple de Touboro montre cependant que la nutrition en cet élément doit être étudié plus spécialement.

5. C O N C L U S I O N

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 pédologique d'une part et la nature pédogénétique des sols d'autre part. 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.

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

- bonne sur les sols peu évolués alluviaux (1410 kg/ha)
- moyenne sur les ferrugineux tropicaux (1240 kg/ha)
- faible sur les vertisols, sols rouges tropicaux et sols halomorphes. (800, 910 et 660 kgs/ha).

La productivité potentielle des sols rouges tropicaux (2100 kg) montre que la faiblesse de leur productivité 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 (1200)
- Bonne sur les vertisols et les sols ferrugineux (740 kg)
- Moyenne sur les sols peu évolués alluviaux (500 à 580 kg)
- Faible sur les sols halomorphes (340 kg).

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

TYPE DE SOL	NATURE ET IMPORTANCE DES DEFICIENCES		
	N	S	P
Peu évolués d'apport sur alluvions	++	<u>+</u>	<u>+</u>
Ferrugineux tropicaux	++	+	++
Vertisols	+++	<u>+</u>	+++
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 particulier 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 % MS

Polsen dans les sols : 50 + ppm.

La planification de l'emploi des engrais au Nord-Cameroun peut donc dès à présent s'appuyer sur les cartes pédologiques. 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 sol étudiées.

B I B L I O G R A P H I E

Cartes pédologiques.

- 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 KAELE. 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.), VALLERIE (M.), 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.), VALLERIE (M.), 1963.- Carte pédologique du Nord-Cameroun au 1/100.000. Feuille de YAGOUA. 79 p., 1 carte pédologique au 1/100.000, 1 carte pédologique au 1/50.000, tableaux d'analyses.
- SIEFFERMANN (G.), MARTIN (D.), 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 PITO A. 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.

Fertilisation et déficiences minérales.

- BRAUD (1967) - La détermination des déficiences minérales dans la nutrition du cotonnier.
Colloque sur la fertilité des sols tropicaux.
Tananarive. Nov. 1967. pp. 198-209.
- DABIN (1963) - Appréciation en phosphore dans les sols tropicaux.
Cahiers ORSTOM. Pédologie T 1 N° 3 pp 27-42.

- DABIN 1967 - Sur une méthode d'analyse du phosphore dans les sols tropicaux.
Colloque sur la fertilité des sols tropicaux
Tananarive. Nov. 1967. T 1 pp. 99-115.
- DABIN 1970 - Méthode d'étude de la fixation du phosphore sur les sols tropicaux. Coton et Fibres Tropicales vol XXV -
Juin 1970 pp. 213 à 234.
- FRITZ A. (1968-1969) - GUILBERT P. (1967) - Rapports annuels de la section d'Agronomie I.R.C.T. MAROUA (non publiés).
- VALLERIE 1968 - Fertilité et fertilisation des sols tropicaux.
Cours photocopié - Ecole Fédérale Supérieure d'Agriculture
YAOUNDE Cameroun.