

**INSTITUT DE RECHERCHES
SCIENTIFIQUES DU CAMEROUN**

I. R. CAM.

**PROBLEMES D'UTILISATION DES SOLS
AU NORD - CAMEROUN
D. MARTIN**

**I. R. CAM.
YAOUNDÉ
B. P. 193**

PROBLEMES D'UTILISATION DES SOLS

AU NORD - CAMEROUN

D. MARTIN



Date de sortie : Décembre 1960

N° de Rapport : P 117

INTRODUCTION

Ce rapport, synthèse de nombreux travaux pédologiques effectués dans le Nord-Cameroun, (départements du Diamaré, du Margui-Wandala, du Mayo-Danaï, et arrondissement de Guider) est destiné aux personnes, qui s'occupent directement de pratique agricole, en particulier aux agents du Service de l'Agriculture, du SEMNORD, du SEMRY et de la CFDT : dans une première partie nous passons en revue les principales propriétés physiques et chimiques des sols, en insistant sur les relations qui existent entre elles et en prenant des exemples dans les analyses de sols du Nord-Cameroun; dans une deuxième partie nous étudions quatre problèmes, que peut avoir à résoudre le praticien agricole du Nord-Cameroun : la vocation culturale des sols, le labour, la récupération des "hardés", la lutte contre l'érosion.

.../...

PREMIERE PARTIE

PROPRIETES PHYSIQUES ET CHIMIQUES DES SOLS

Pour le pédologue, le sol est une formation meuble superficielle formée par l'action, pendant un temps variable, des éléments atmosphériques et biologiques sur les roches qui constituent la croûte terrestre. Pour le praticien agricole, c'est surtout un milieu vivant à substrat minéral, dans lequel les plantes cultivées puisent l'eau et les éléments minéraux nécessaires à leur croissance.

Pour pouvoir agir correctement sur le sol, en vue de l'utiliser au mieux, le praticien agricole a tout intérêt à connaître les principales caractéristiques physiques et chimiques de ce sol : ces caractéristiques font l'objet d'examens au Laboratoire et, dans les pages suivantes, nous allons définir ces caractéristiques, indiquer les limites dans lesquelles elles varient et préciser les relations qui existent entre elles.

PROPRIETES PHYSIQUES

Granulométrie.

Définition :

On appelle granulométrie ou texture la proportion d'éléments ou particules de différente taille qui compose le sol.

L'opération analytique nécessaire pour connaître la proportion de particules de différente taille s'appelle analyse granulométrique ou analyse mécanique.

Classification des particules.

On appelle gravier, les particules du sol qui ne passent pas au tamis à trous ronds de 2 mm. : le gravier est donné en % de la terre totale. Toutes les analyses courantes sont faites sur la terre fine inférieure à 2 mm, c'est-à-dire ne comprenant pas le gravier.

La terre fine est divisée en quatre classes de particules qui répondent aux définitions suivantes :

Argile : particules inférieures à 0,002 mm.

Limon : particules comprises entre 0,002 mm. et 0,02 mm.

Sable fin : particules comprises entre 0,02 mm. et 0,2 mm.

Sable grossier : particules comprises entre 0,2 mm.

Gravier : particules supérieures à 2 mm.

Les termes argile, limon etc... n'indiquent pas des corps de nature définie, mais uniquement des catégories de finesse de particules.

Exemples d'analyse granulométrique.

A part le gravier exprimé en % de la terre totale, les pourcentages d'argile, limon etc. sont exprimés en % de la terre fine.

Exemple : Guétalé échantillon GT 122 (voir graphique 2)

graviers	: 2,3 %	de la terre totale
sable grossier	: 34 %	de la terre fine
sable fin	: 45 %	"
limon	: 15 %	"
argile	: 6 %	"

Représentation graphique de l'analyse granulométrique.

Pour comparer des sols de granulométrie différente, on utilise une représentation graphique en coordonnées trilineaires. On utilise d'une manière courante une représentation graphique qui utilise comme coordonnées l'argile, le limon et le sable (sable fin + sable grossier) : le graphique I définit ainsi 9 types de texture.

Pour le Nord-Cameroun, le pourcentage de limon est peu important, et nous préférons utiliser une représentation graphique utilisant les coordonnées argile + limon, sable fin et sable grossier (voir graphique 2).

Types de granulométrie.

Sablo-graveleux.

Ce type n'est pas mis en évidence dans le triangle granulométrique où il se confond avec le type sableux grossier, parce que le pourcentage de graviers n'est pas utilisé comme coordonnée.

Caractéristiques : 5 à 30 % de graviers, plus de 40 % de sables grossiers, moins de 15 % d'éléments fins (argile + limon).

Localisation : sols des massifs montagneux et au pied des massifs (Mokio, Guétalé, Guefet-Djevereng).

Sableux grossier.

Caractéristiques : moins de 5 % de graviers, plus de 40 % de sable grossier, moins de 15 % d'éléments fins.

Localisation : alluvions et colluvions aux pieds des massifs montagneux (Mokio, Guétalé), alluvions anciennes du Bec de canard (Djelmé).

Sableux fin.

Caractéristiques : moins de 40 % de sable grossier et de 12 % d'éléments fins.

Localisation : alluvions anciennes dans les régions de Moulvoudayé, Kalfou, Ndoukoula, Golompui ; dunes de sable au Sud de Yagoua, à Kalfou ; le cordon dunaire entre Yagoua et Limani ; alluvions anciennes entre Magdemé et Waza.

Sableux grossier argileux.

Caractéristiques : plus de 40 % de sable grossier et 15 à 30 % d'éléments fins.

Localisation ; ce type se rencontre assez peu mais le plus souvent au pied des massifs montagneux ou dans des sols formés directement sur la roche granitique ou gneissique.

Sableux fin peu argileux.

Caractéristiques : moins de 40 % de sable grossier, 12 à 20 % d'éléments fins.

Localisation : alluvions le long des mayos au Nord de Maroua, Est et Nord de Mora, Ouest d'Assigassia et Kerawa ; colluvions et alluvions au pied des massifs montagneux à Mokio, Guétalé.

Sableux fin argileux.

Caractéristiques : moins de 40 % de sable grossier, 20 à 35 % d'éléments fins.

Localisation ; ce type est répandu dans tout le Nord - Cameroun aussi bien dans la zone Moulvoudaye - Golompui, qu'autour des massifs montagneux à Lam, Mokio, Guéfet-Djevereng etc... et à l'Ouest et au Nord-Est de Mora.

Argileux sableux grossier.

Caractéristiques : plus de 40 % de sable grossier, 30 à 50 % d'éléments fins.

Localisation ; ce type est très rare et ne peut se rencontrer qu'autour des massifs montagneux.

Argileux sableux fin.

Caractéristiques : moins de 40 % de sable grossier, 35 à 50 % d'éléments fins.

Localisation : ce type est assez répandu dans tout le Nord-Cameroun : bourrelet du Logone entre Yagoua et Djafga, dépressions à Moulvoudaye, Golompui, "Karals" de pente entre Kaélé et Lam, grandes zones à faible végétation à l'Est et à l'Ouest de Mora.

Argileux.

Caractéristiques : plus de 50 % d'éléments fins.

Localisation : zone d'inondation du Logone de Yagoua à Fort-Foureau ; dépressions argileuses à l'Est et Nord-Est de Maroua, Nord-Est et Nord-Ouest de Mora.

Répartition des types de granulométrie.

Les graphiques 3, 4, et 5 nous donnent des exemples de répartition de types de granulométrie pour 3 zones du Nord-Cameroun.

Le graphique 3 groupe les analyses mécaniques de sols effectués à Djelmé, Golompui et Tchatabali : les sols exondés sont à dominance sableuse (sableux fin ou grossier), les sols inondés ont une plus grande proportion d'éléments fins.

Dans le graphique 4 sont groupés les chiffres obtenus à Lam, Mousgoy, Douroum, Guefet-Djevereng et Mogodé : on observe une plus grande proportion de sable grossier et d'éléments fins.

Dans le graphique 5 (sols de Mokio et Guétalé) les sols sont surtout groupés dans les types sableux fins argileux et sableux fins peu argileux.

Capacité de rétention d'eau.

Définition.

Les rapports entre l'eau et le sol donnent lieu à de nombreuses mesures physiques : une des plus intéressantes est la mesure de la capacité de rétention du sol pour l'eau.

On appelle capacité de rétention, la quantité d'eau retenue par le sol humide après drainage et ressuyage normal, c'est-à-dire la quantité maximum d'eau que le sol peut retenir : elle est exprimée en % de la terre sèche. On la considère égale à la valeur de l'humidité équivalente mesurée au Laboratoire par la méthode Bouyocos.

Exemple : capacité de rétention d'eau de 25 % : le sol peut retenir 25 g. d'eau par 100 g. de sol sec.

Variations.

La capacité de rétention d'eau varie dans de fortes proportions : 8 % pour des sols très sableux, 40 % pour des sols à forte proportion d'éléments fins.

Dans le Nord-Cameroun la capacité de rétention d'eau dépend essentiellement de la teneur en éléments fins comme le montre le graphique 6 : la teneur en matière organique a très peu d'influence, contrairement à ce qu'il se passe pour les sols du Sud-Cameroun.

La connaissance de la capacité de rétention d'eau est importante pour adapter les différentes cultures aux sols, suivant leur plus ou moins grande résistance à la sécheresse.

Perméabilité.

La connaissance de la perméabilité d'un sol est intéressante dans plusieurs cas :

- augmenter la perméabilité pour améliorer le drainage.
- augmenter la perméabilité pour diminuer le ruissellement donc l'érosion.

On appelle vitesse de filtration K la hauteur d'eau qui traverse le sol en un temps donné : dans la mesure de K par la méthode COMBEAU-HENIN, K est exprimé en cm/heure.

Peu de mesures ont encore été faites sur des sols du Nord-Cameroun, mais par analogie avec des études faites par GUICHARD au Tchad, la vitesse de filtration dépend de plusieurs facteurs :

- granulométrie : K diminue quand la teneur en argile augmente ;
- teneur en sodium échangeable et rapport Na/Ca : dans les sols à excès de sodium la vitesse de filtration peut devenir nulle ;
- teneur en matière organique et structure du sol : des sols même argileux à bonne structure stable ont une vitesse de filtration élevée.

Structure, stabilité de la structure.

Le sol est constitué d'agrégats de différente taille, formés par l'assemblage des divers constituants du sol (sable, limon, argile, matière organique). On appelle structure le mode d'assemblage des agrégats du sol. On définit différents types de structure, visibles sur le terrain :

- structure particulière : le sol n'a pas d'agrégats.
- structure grenue, nuciforme, polyédrique : selon la forme des agrégats.

Sous l'influence des éléments atmosphériques, en particulier de l'eau de pluie, les agrégats vont se détruire, ce qui va modifier certaines propriétés physiques du sol : dispersion de la terre et sensibilisation accrue à l'érosion; mauvaise aération du sol et diminution de l'intensité des phénomènes biologiques dans le sol ; diminution de la perméabilité. On comprend donc l'intérêt de la notion de stabilité structurale.

Par la méthode COMBEAU - HENIN, on mesure un indice d'instabilité structurale, qui, combiné avec la mesure de la vitesse de filtration, permet d'avoir une idée de la plus ou moins bonne structure du sol et de la stabilité de celle-ci.

En France, ces méthodes, assez délicates à mettre en oeuvre, ont permis de mettre en évidence quantitativement les effets sur la structure de quelques pratiques agricoles : défrichement, apport de matière organique, apport de calcium, sous-solage. Dans le Nord-Cameroun, ces méthodes devraient pouvoir être utilisées pour suivre l'état général d'un sol au cours d'une rotation ou surveiller l'amélioration des propriétés physiques d'un sol "hardé" (voir page 199) après labour et sous-solage.

PROPRIETES CHIMIQUES

Matière organique, azote, rapport C/N

Origine, définition.

L'horizon supérieur des sols contient toujours un pourcentage variable de matière organique : cette dernière a un rôle essentiel, car elle est le siège de toutes les activités biologiques du sol.

La matière organique du sol provient de la décomposition des débris végétaux (racines, résidus de cultures, apports extérieurs etc.) par des macro-organismes (vers de terre, termites etc.) et des micro-organismes (bactéries, champignons, algues). Une partie de cette matière organique se décompose ensuite par minéralisation, après être passé par le stade "humus" relativement stable : dans un sol non cultivé, formation et décomposition de la matière organique s'équilibrent et on n'observe que des variations saisonnières.

Au point de vue analytique, on dose la matière organique par sa teneur en carbone et en azote :

Carbone, C : exprimé en % de la terre fine.

Azote, N : exprimé en ‰

Matière organique M.O. : = $C \% \times 1,72$, exprimé en %.

Rôle de la matière organique.

La matière organique a divers rôles très importants :

- contribue à donner sa structure au sol.
- peut avoir une influence sur la capacité de rétention d'eau (faible au Nord-Cameroun)
- contribue avec les colloïdes minéraux à former le complexe absorbant du sol (voir p. 189).
- fournit par minéralisation et nitrification l'azote nitrique nécessaire aux plantes.
- peut fournir aux végétaux des substances de croissance, qui ne sont pas synthétisés par eux.

Teneur en matière organique.

La teneur du sol en matière organique est éminemment variable et dépend de nombreux facteurs. Dans une même zone climatique, les principaux facteurs sont :

- le drainage : un mauvais drainage augmente la teneur en matière organique,
- la richesse en éléments minéraux : se fait peu sentir dans le Nord-Cameroun.
- la culture et la manière dont le sol est cultivé : la teneur en matière organique baisse toujours après une mise en culture.

Guétalé : sols sableux fins peu argileux.

	Non cultivé	5 ans de culture
M.O. %	1,35	0,65
N. ‰	0,55	0,32
C/N	14,3	12,1

Plaine du Logone : sols argileux.

	Non cultivé	2 ans de culture
M.O. %	2,25	1,75
N. ‰	1,1	0,9

- la teneur en argile : dans une même zone la teneur en matière organique augmente généralement avec la teneur en argile par suite d'une activité biologique moins intense dans les sols à teneur en argile croissante (ceci peut aussi être mis sur le compte d'un drainage moins bon dans les sols argileux).

Guétalé

Argile %	M. O. %	N ‰	C/N
7,3	0,85	0,40	12,3
16,9	1,4	0,6	13,6

Mokio

Argile %	M. O. %	N ‰	C/N
6	0,34	0,27	8,1
9,2	0,76	0,35	12,6
17,9	0,95	0,4	13,7

Etat de la matière organique.

Nous avons vu que l'on dosait la matière organique par sa teneur en carbone et en azote : le rapport carbone/azote (C/N) va nous renseigner sur l'état, sous lequel se trouve la matière organique. Le rapport C/N diminue quand l'intensité des phénomènes biologiques dans le sol augmente :

C/N élevé, supérieur à 15 : matière organique mal décomposé par suite d'un mauvais drainage par exemple ;

C/N compris entre 10 et 15 : matière organique bien décomposé ;

C/N inférieur à 10 : matière organique très bien décomposé, se rencontre dans les sols cultivés, peut être un indice de dégradation des sols.

L'état de la matière organique donc le rapport C/N, dépendent de plusieurs facteurs, dont les effets sont de faire varier l'aération du sol :

- drainage : l'asphyxie du sol en cas de mauvais drainage fait augmenter le rapport C/N.
- structure et porosité : une bonne structure fait diminuer le rapport C/N.

Plaine du Logone

Sols argileux à mauvaise structure : C/N de 15,4
Sols argileux à bonne structure : C/N de 11,8

- granulométrie : dans une zone restreinte le rapport C/N augmente avec la teneur en argile.

	Guétalé		Mokio		
Argile %	7,3	16,9	6,4	9,2	17,9
C/N	12,3	13,6	8,1	12,6	13,7

- culture, labour : l'aération du sol augmente et le rapport C/N diminue plus ou moins fortement.

Complexe absorbant

Définition.

On appelle complexe absorbant l'ensemble des colloïdes minéraux (argile) et organiques (matière organique fortement décomposé en humus) doué de la propriété de fixer et d'échanger les éléments minéraux. Le pouvoir de fixation du complexe absorbant s'appelle la capacité d'échange T : c'est la quantité totale de cations minéraux exprimés en méq/100g. de sol (1), que le complexe absorbant peut fixer.

Valeurs de la capacité d'échange.

La capacité d'échange T des sols est très variable : les valeurs s'étagent entre 3 et 48 méq/100g. Cette variation est sous l'influence de 3 facteurs :

- teneur en argile : voir le graphique 7 où l'on voit la capacité d'échange augmenter avec la teneur en argile ;
- teneur en matière organique : ce facteur est peu sensible dans les sols du Nord-Cameroun ;
- type d'argile : la montmorillonite a une capacité d'échange de 80 à 100 méq./100g., tandis que la kaolinite ne peut fixer que 10 méq./100g. d'éléments minéraux.

(1) Milli-équivalent (méq.) : notation utilisée en chimie qui permet de s'affranchir du poids atomique des éléments minéraux ; un milliéquivalent d'hydrogène ou de calcium occupe la même place sur le complexe absorbant qu'un milliéquivalent de sodium.

1 méq. de calcium	(Ca)	= 28 mg. d'oxyde de calcium	(CaO)
1 méq. de magnésium	(Mg)	= 20 mg. d'oxyde de magnésium	(MgO)
1 méq. de potassium	(K)	= 47 mg. d'oxyde de potassium	(K ₂ O)
1 méq. de sodium	(Na)	= 31 mg. d'oxyde de sodium	(Na ₂ O)

Bases échangeables.

Définition.

Le complexe absorbant fixe des éléments minéraux, appelés bases échangeables, parce que les différentes bases peuvent se remplacer l'une l'autre.

Les quatre principales bases échangeables sont le calcium, le magnésium, le potassium et le sodium. D'autres éléments, en beaucoup plus faible quantité, peuvent être sous forme échangeable comme le manganèse et l'aluminium.

Somme des bases échangeables.

La notation en méq./100g. permet de calculer la somme des bases échangeables S : celle-ci est un reflet de la richesse minérale du sol.

La somme des bases échangeables S est très variable avec les sols, Elle dépend en particulier de :

- la capacité d'échange : la somme des bases échangeables ne peut évidemment dépasser la capacité d'échange ;
- la teneur en argile par l'intermédiaire de la capacité d'échange ;
- l'état du sol ; la somme des bases échangeables peut diminuer dans le cas de dégradation du sol ;
- la richesse minérale totale du sol.

Degré de saturation.

On appelle degré de saturation le rapport S/T, somme des bases échangeables/capacité d'échange : le degré de saturation et la capacité d'échange permettent de connaître les possibilités qu'a un sol de fixer les engrais minéraux apportés. Le degré de saturation s'exprime en %.

Exemples : Un sol a une capacité d'échange de 5 méq./100g. et une somme des bases échangeables de 2 méq./100g. : son degré de saturation est de $\frac{2}{5} \times 100 = 40 \%$, mais il ne pourra cependant fixer qu'au maximum $5 - 2 = 3$ méq./100g. d'éléments minéraux par 100g. de sol.

Un sol a une capacité d'échange de 25 méq./100g. et une somme des bases échangeables de 20 méq./100g. : son degré de saturation est de $\frac{20}{25} \times 100 = 80 \%$ et il pourra fixer au maximum $25 - 20 = 5$ méq./100g. de cations minéraux.

Détail des bases échangeables.

La somme S des bases échangeables est obtenue en additionnant les quantités, exprimées en méq./100g., de calcium, magnésium, potassium et sodium.

Calcium : varie de 1 méq./100g. (sols sableux) à 20 méq./100g. dans les sols argileux ; peu de risques de déficit dans les sols du Nord-Cameroun, sauf cas de sols dégradés à pH acide ; représente toujours plus de 60 % de la somme des bases échangeables ; joue un rôle bénéfique dans la structure du sol et sa stabilité.

Magnésium : est toujours moins bien représenté que le calcium (0,2 à 8 méq./100g.) ; peu de risques de déficit de magnésium sauf en sol très sableux ; antagonisme possible avec le calcium si le rapport Mg/Ca est trop élevé.

Potassium : est toujours en quantités moindres que le calcium et le magnésium ; varie de 0,05 à 3 méq./100g.

Sodium, Rapport Na/Ca - Le sodium joue un grand rôle dans les sols du Nord-Cameroun : il varie de 0 à 5 méq./100g.

Le sodium ne joue pas un rôle par lui-même, mais par le rapport qui existe entre le sodium et le calcium, rapport Na/Ca, ou entre le sodium et la somme des bases échangeables, rapport Na/S : la valeur du rapport Na/Ca sert à définir les sols salins (appelés souvent "hardés" dans le Nord-Cameroun) :

- Na/Ca inférieur à 0,1 : sol normal
- Na/Ca compris entre 0,1 et 0,15 : sol légèrement salin
- Na/Ca supérieur à 0,15 : sol salin.

L'augmentation du rapport Na/Ca a plusieurs effets :

- effet toxique du sodium lui-même ;
- action sur la structure : l'excès de sodium donne au sol une mauvaise structure, le sol est difficile à travailler ;
- action sur la perméabilité : la perméabilité diminue fortement et il en résulte toutes les conséquences d'un mauvais drainage.

Bases totales. Réserves minérales.

Dans le sol les éléments minéraux sont sous deux formes différentes : une partie est directement assimilable par les plantes, ce sont les bases échangeables ; une deuxième partie n'est assimilable par les plantes qu'après une lente transformation en forme échangeable, c'est ce qu'on appelle la réserve minérale.

La somme bases échangeables + réserve minérale constitue les bases totales agronomiques.

L'intérêt de la notion de réserve minérale est intéressante dans le cas suivant par exemple : un sol a une très faible teneur en potassium échangeable ; si sa réserve en potassium est faible, le sol est nettement déficient en potassium ; si sa réserve est appréciable, le sol n'a qu'un déficit momentané en potassium dû à une dégradation ou un lessivage du sol, et, après quelques années de jachère, du potassium de la réserve sera passé sous forme échangeable et pourra subvenir aux besoins des plantes.

Sels solubles.

On appelle sels solubles les éléments minéraux extraits par l'eau : les sels solubles sont généralement en très faibles quantités dans le sol.

Dans le Nord-Cameroun on ne les trouve que dans des sols "hardés", en particulier du sodium : la teneur en sodium soluble dépasse rarement 1 méq/100g.

La présence de sels solubles est décelée d'une manière très précise par la mesure de la conductivité. (voir p. 193).

pH.

Le pH d'un sol est une notion complexe assez difficile à expliquer : le pH est en fait lié à la proportion d'ions hydrogène, acides, et de cations métalliques, basiques, fixés sur le complexe absorbant et sa mesure est un test sensible des modifications survenant dans l'état d'un sol.

Le pH est mesuré par des procédés électriques ou à l'aide d'indicateurs colorés : dans les sols le pH varie de pH 3 (pH acides) à pH 11 (pH basiques); pH 7 correspond à la neutralité. Dans le Nord-Cameroun on a rarement des pH inférieurs à 5 (alluvions argileuses récentes du Logone) et on observe des pH supérieurs à 10 dans les sols salins ("hardés").

Le pH d'un sol varie avec d'assez nombreux facteurs :

- le climat : dans le Nord-Cameroun les pH sont faiblement acides, neutre ou alcalin, contrairement au Sud-Cameroun où les pH sont acides;
- la saison : on observe une variation saisonnière du pH en relation avec les variations de l'activité biologique dans le sol ;
- la mise en culture : provoque une diminution du pH.

Rizière du Logone.

	Avant défrichement	1 an de culture
pH	5,45	5,15

Guétalé.

	Sols non cultivés	5 ans de culture.
pH	6,8	6,0

Un fort abaissement du pH est un bon indice de dégradation des sols.

Nous n'avons pas eu l'occasion d'observer l'augmentation du pH consécutive à la transformation d'un sol en "hardés" par suite d'un mauvais drainage (voir p.198).

La mesure du pH est facile à effectuer et permet d'avoir un certain nombre de renseignements sur le sol :

- pH acide diminuant en profondeur : sol bien drainé ;
- pH basique augmentant en profondeur : sol mal drainé ;
- pH baissant régulièrement d'une année à l'autre : sol en voie de dégradation;
- pH augmentant régulièrement : sol en voie de transformation en "hardé".

Conductivité.

On mesure la conductivité du sol dans une proportion déterminée d'eau : cette mesure s'exprime en micromhos/cm. La conductivité dépend de la présence d'électrolytes libres dans le sol et sert surtout à caractériser la présence de sels solubles.

En mesurant la conductivité avec une proportion sol/eau de 1/5, on estime qu'en dessous d'une conductivité de 25 micromho/cm., la présence de sels solubles est négligeable. Dans les sols "hardés", la présence de sels solubles peut s'ajouter à l'excès de sodium échangeable : la conductivité peut atteindre 300 à 400 micromho/cm.

La mesure de la conductivité sert surtout à caractériser les sols "hardés".

INTERET DES ANALYSES DE SOLS

Nous venons de passer en revue les principales propriétés physiques et chimiques des sols et les relations qui existent entre elles, et nous pouvons nous demander quelles sont les analyses les plus intéressantes à effectuer sur un sol.

Deux cas peuvent se présenter :

- 1er cas - Avant une mise en valeur, on veut connaître les propriétés physiques et chimiques d'un sol pour déterminer sa vocation culturale et avoir une idée des problèmes qu'il pourra ultérieurement poser à l'utilisateur. Les analyses les plus importantes à effectuer sont : analyse mécanique, pH et conductivité, carbone et azote, capacité d'échange et bases échangeables et éventuellement réserve minérale.
- 2e cas - Un sol est cultivé et on veut connaître d'année en année son état pour prévenir une éventuelle dégradation. Les analyses nécessaires sont : pH et conductivité, carbone et azote, et éventuellement bases échangeables et leur répartition.

.../...

DEUXIEME PARTIE

VOCATION CULTURALE DES SOLS

Les sols du Nord-Cameroun sont variés et toutes les cultures ne s'adaptent pas à tous les sols.

Le problème ne se pose pratiquement pas pour la principale culture vivrière, le mil : il existe en effet un très grand nombre de variétés de mil, qui s'adaptent à tous les types de sols, depuis les plus sableux jusqu'aux plus argileux.

Il n'en est pas de même pour les cultures d'exportation, arachide et coton, qui fournissent aux habitants la plus grande partie de leurs revenus en argent.

L'arachide est moins exigeante en eau et plus résistante à la sécheresse que le coton : c'est sur ce critère qu'il faudra se baser pour définir la vocation culturale d'un sol.

Les facteurs qui vont intervenir vont être la pluviométrie, le sol, le drainage.

Pluviométrie.

La pluviométrie du Nord-Cameroun est comprise entre 1000 et 700 mm. Ces chiffres sont bien suffisants pour l'arachide.

Pour le coton on pourra être moins exigeant au point de vue sol dans le Sud, qui reçoit plus d'eau, que dans le Nord (Nord de Mora) où les conditions climatiques sont à la limite des exigences du cotonnier.

Sol.

L'arachide préfère les sols sableux : il ne faut pas dépasser 20 % d'argile + limon, pour ne pas avoir trop de difficultés à l'arrachage.

L'arachide (voir graphique 8) pourra donc utiliser les sols sableux grossiers, les sols sableux fins, les sols sableux fins peu argileux et une partie des sols sableux grossiers argileux.

Le coton plus exigeant en eau et moins résistant à la sécheresse demande des sols à bonne capacité de rétention d'eau : ce critère élimine de la culture du coton les sols sableux grossiers et les sols sableux fins. (voir graphique 8).

Drainage.

Aucun problème de drainage pour l'arachide, qui ne peut se cultiver que sur les sols sableux toujours bien drainés : les sols inondés sont à éliminer.

Le coton demande un sol bien drainé et ne souffre pas l'inondation. Bien qu'argilo-sableux à argileux, les sols de la région de Kaélé-Lam se sont révélés aptes à la culture cotonnière : ces sols en pente sont suffisamment bien drainés. Dès qu'un sol argilo-sableux n'a qu'une très faible pente l'amélioration du drainage devient nécessaire.

Au contraire dans des zones plus sèches (Nord de Mora), un mauvais drainage en profondeur dans des sols sableux à proximité de "yaéré" (Bounderi) peut pallier l'insuffisance de la pluviométrie.

LABOUR.

Le labour, ou action d'ameublir une épaisseur variable de sol en le retournant, se pratique de plus en plus dans les pays tropicaux, sans que l'on prête une grande attention à ses conséquences.

Avantages du labour,

Le labour a pour principal effet d'ameublir et d'aérer le sol. Il en résulte les conséquences suivantes :

- le sol peut emmagasiner une plus grande quantité d'eau, ce qui peut contribuer à réduire le ruissellement et diminuer l'érosion ;
- l'eau emmagasinée peut plus facilement pénétrer dans les horizons inférieurs du sol moins perméables ;
- l'aération du sol provoque une augmentation de l'activité biologique du sol, une minéralisation plus intense de la matière organique et une plus forte production d'azote nitrique par la nitrification ; il en résulte le plus souvent une augmentation plus ou moins spectaculaire des rendements par rapport aux méthodes indigènes.

Inconvénients du labour.

Sous les conditions climatiques tropicales (fortes pluies pendant quelques mois, température élevée) le labour, répété d'année en année sans précautions sur des sols inadaptés, sous l'influence d'un accroissement de l'activité biologique dans le sol, a les conséquences suivantes :

- diminution importante de la teneur en matière organique du sol ;
- dégradation de la structure du sol, qui peut entraîner une diminution de la perméabilité et l'apparition de phénomènes d'érosion ;
- baisse du pH, du rapport C/N, diminution de la capacité d'échange et de la somme des bases échangeables ;
- baisse des rendements.

La dégradation du sol est d'autant plus importante et rapide que le sol est plus sableux et déjà plus aéré naturellement.

Nous pouvons citer deux exemples de dégradation de sols non adaptés au labour :

Station de Guétalé	M. O.	N	C/N	pH
(sols sableux grossiers)	0,32	0,22	8,5	6,75
Ferme de Maroua				
(sols sableux grossiers)	0,55	0,36	8,9	5,5.

On observe de très faibles teneurs en matière organique et azote, un rapport C/N nettement inférieur à 10, un pH souvent acide.

A Guétalé les sols sont en pente et la diminution de la teneur en matière organique a entraîné la dégradation de la structure ce qui a facilité l'érosion par l'eau.

Ces deux exemples sont particulièrement frappants, mais il est des cas où la dégradation est insidieuse et n'est décélable qu'à l'analyse, car les rendements n'ont pas encore commencé à baisser.

Guétalé : Sols sableux fins peu argileux.

	Non cultivé	5 ans de culture
M.O. %	1,35	0,65
N. ‰	0,55	0,32
C/N	14,3	12,1
pH	6,8	6,0

Nous observons une baisse des teneurs en matière organique et azote, une diminution du rapport C/N et une acidification du sol.

Remèdes à proposer.

Choix du sol.

Certains sols ne sont pas adaptés au labour : il faut exclure du labour, plus particulièrement du labour par traction mécanique, les sols à faible teneur en argile et limon, les sols sableux grossiers et les sols sableux fins.

Mode de traction.

Il est évident que le labour à traction mécanique, qui nécessite de grands espaces complètement défrichés, sera plus néfaste que le labour à traction animale, qui se contente de petites surfaces sur lesquelles on peut laisser les arbres les plus intéressants (en particulier le *Faidherbia*).

On pourra donc être moins exigeant au point de vue sol dans le cas de labour à traction animale.

Maintien de la teneur en matière organique.

Le problème principal est de maintenir la teneur en matière organique du sol : de cette teneur dépend en effet la structure du sol et donc sa résistance à l'érosion, la fourniture d'azote minéral aux plantes, la stabilité du complexe absorbant, le maintien du pH aux environs de la neutralité.

Les moyens à utiliser sont :

- le retour au sol des résidus de culture : tiges de mil, fanes d'arachides;
- la jachère : le repos du sol pendant une ou plusieurs années (selon le type de sol et son état organique) favorise la reconstitution de son potentiel organique;
- l'engrais vert : la décomposition de l'engrais vert dans le sol nécessite un supplément d'azote et il est prudent, soit d'attendre une année entre l'enfouissement de l'engrais vert et la culture suivante, soit d'apporter de l'azote sous forme d'engrais minéral ;
- le maintien et la multiplication des Faidherbia : le Faidherbia apporte de la matière organique au sol par ses feuilles et protège le sol par son ombrage, qui diminue l'intensité des phénomènes biologiques du sol au moment des premières pluies ;
- apport de matières organiques extérieures : fumier naturel ou artificiel, compost, tourteaux de graines de coton ou d'arachide etc.

Conclusion.

Le labour à traction mécanique, ou mieux à traction animale, est un important moyen d'intensifier l'agriculture du Nord-Cameroun, mais si l'on veut qu'il reste bénéfique à longue échéance, il faut obligatoirement l'associer à des pratiques agricoles, qui visent à maintenir et augmenter le potentiel organique du sol.

RECUPERATION DES SOLS "HARDES".

Qu'est-ce qu'un sol "hardés" ?

"Hardé" est un terme fulfuldé qui signifie "stérile" : il est employé au Nord-Cameroun pour désigner tout terrain, généralement à faible végétation arbustive et graminéenne, à très forte compacité et très peu perméable, et duquel l'agriculteur sait qu'il ne tirera qu'une très médiocre récolte.

Il semble que l'on puisse distinguer deux catégories de "hardé" :

- les "hardés" naturels dus à l'évolution pédologique normale, dans des conditions géologiques, climatiques et topographiques particulières : sols gris subarides, sols à alcalis ;
- les "hardés" humains, dus à une dégradation du sol sous l'influence d'une culture mal conduite.

Dans la deuxième catégorie, le processus de formation serait le suivant : un sol sablo-argileux à argilo-sableux, déjà évolué et peu perméable naturellement, est défriché complètement et cultivé plusieurs années de suite ; au bout de quelques années l'horizon organique est détruit, la structure du sol est complètement dégradé, la perméabilité diminue; l'exposition au soleil pendant la saison sèche fait remonter en surface les sels solubles, en particulier le sodium, qui contribue lui-même à diminuer la perméabilité ; le sol devient mal drainé et de plus en plus dur à travailler, les récoltes s'amenuisent, l'érosion éolienne et hydrique s'installe et on est obligé de cesser toute culture.

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET CHIMIQUES D'UN "HARDE".

Les sols hardés n'ont pas de composition granulométrique définie : ils peuvent être sableux, mais le plus souvent sablo-argileux et argilo-sableux.

Au point de vue physique ces sols sont très peu perméables et même parfois totalement imperméables. Ils ont une très mauvaise structure et il faut noter leur compacité : même les "hardés" sableux, ne peuvent se trouer qu'à coups redoublés de pioche.

Au point de vue chimique, on observe toujours un excès de sodium échangeable et parfois la présence de sodium soluble : il en résulte un rapport Na/Ca supérieur à 0,15, un pH supérieur à 7,5 et pouvant atteindre 9,5 à 10, une conductivité supérieure à 25 micromhos/cm. dans le cas de présence de sels solubles.

Voici quelques résultats analytiques de sols "hardés" :

Lieu	Profondeur en cm.	Argile %	Méq./100 g.		Na/Ca	pH.	Conduct.
			Ca	Na			
Nord de Pouss	0 - 10	3,8	1,7	0,5	0,29	6,7	15
	30 - 50	6,1	2	1,7	0,85	10	90
	60 - 75	7,4	1,6	2,1	1,3	10,75	218
Golompui	20 - 40	6,5	0,9	0,03	0,03	6,2	
	40 - 60	15,5	2,2	0,7	0,3	7,6	
Mousgoy	0 - 2	7,5	3	1,2	0,4	8	
	5 - 25	15	10	6,3	0,6	9,3	
Zongoya	0 - 10	20,7	16,4	1,1	0,07	8,7	55
	30 - 40	28,3	16,8	5,0	0,3	8,6	340
	75 - 100	26,3	14	3,9	0,28	8,65	175
Yakang	0 - 10	21	9,5	2,3	0,24	8,3	
	30 - 40	27	8,5	4,5	0,52	9,3	
	75 - 100	36,5	9,5	5	0,53	9,7	

Comme le montrent ces chiffres, le phénomène principal est l'excès de sodium : l'imperméabilité et l'augmentation du pH n'en sont que des conséquences.

Moyens à mettre en oeuvre.

Deux problèmes assez voisins, se posent : empêcher un sol cultivé d'évoluer vers le stade "hardé" ; récupérer les sols "hardés" abandonnés après dégradation ou jamais cultivés.

Le principe est d'empêcher l'accumulation et d'éliminer le sodium en excès.

1) Empêcher la remontée du sodium dans le sol :

- diminuer l'évaporation en laissant une couverture sur le sol en saison sèche.
- ne pas défricher complètement en culture indigène et couper les arbres de telle façon qu'ils repoussent rapidement.

2) Augmenter la quantité d'eau qui traverse le sol pour lessiver le sodium en excès :

- améliorer la perméabilité : labour superficiel (10-15 cm.) et amélioration de l'état organique du sol (voir page 197), donc de sa structure, vont augmenter la capacité de rétention d'eau, diminuer le ruissellement et permettre à une plus grande quantité d'eau de s'infiltrer dans le sol.
- obliger l'eau à s'infiltrer en cultivant en billons parallèles aux lignes de niveau.
- faciliter le drainage en profondeur par sous-solage à 40-60 cm. dans le sens de la pente.

3) Apporter un amendement qui échange le sodium du sol contre du calcium : sulfate de calcium (plâtre) et non chaux ou carbonate de calcium qui n'auront aucun effet. Cette pratique doit être obligatoirement associée à l'amélioration du drainage : elle risque de ne pas être rentable pratiquement en raison du coût élevé du sulfate de calcium vendu dans le Nord-Cameroun.

Intérêt de la récupération des "hardés".

Tous les hardés sont-ils récupérables ? Les difficultés (travail du sol en particulier) augmentent avec la teneur en argile, qui rend les sols plus compacts, et avec la proportion de sodium (détectable par un pH plus ou moins élevé) qu'il sera plus difficile d'éliminer.

Les "hardés" humains, qui ont déjà été cultivés, doivent se récupérer facilement. Pour les autres il semble qu'il ne faut pas espérer pouvoir améliorer sans de grandes difficultés des sols qui contiennent plus de 35 à 40 % d'éléments fins et qui ont un pH supérieur à 8,5 - 9 : mais ceci est surtout affaire d'expérimentation.

LUTTE CONTRE L'EROSION.

Depuis quelques années le Nord-Cameroun a vu, un intense développement agricole dû à l'existence d'une forte poussée démographique et à la recherche d'un niveau de vie plus élevé : les populations montagnardes descendent dans les plaines, la culture du coton nécessite toujours de nouvelles terres, l'augmentation des populations des villes crée une demande accrue de produits vivriers. Tout ceci se traduit finalement par une surexploitation du sol et des défrichements inconsidérés : l'érosion, déjà intense normalement, s'accroît et le problème de la conservation des sols se pose d'une manière de plus en plus aigue.

Erosion éolienne.

Ce type d'érosion paraît peu important jusqu'à maintenant mais risque de se faire sentir d'une façon insidieuse : en particulier dans la plaine de Maroua, en saison sèche, le vent sec du Nord-Est ne se heurte à aucun obstacle dans de grandes étendues déboisées et soulève parfois des nuages de poussière.

Les sols sableux sans structure sont particulièrement sensibles à ce type d'érosion, qui amène le départ des éléments fins les plus intéressants du sol, et le phénomène ne peut que s'accroître jusqu'à dégradation totale du sol.

Les remèdes à envisager sont :

- améliorer l'état organique du sol pour lui donner une bonne structure, qui lui permet de résister à l'action du vent ;
- protéger le sol par des brise-vents ;
- conserver et multiplier les *Faidherbia*, qui servent en même temps de brise-vents et d'apporteur de matière organique.

Erosion hydrique.

Différents types.

Ce type d'érosion est beaucoup plus spectaculaire et plus fréquent dans le Nord-Cameroun - On distingue :

- l'érosion en nappe : peut se produire sur des pentes faibles; le sol est peu à peu découpé, voit partir l'argile et le limon et s'enrichit en sable. Sur une crête près de Gazaoua on observe un recul des cultures vers le bas des pentes : le sommet de la crête est érodé et le sol présente une couche de sable en surface. Dans le champ cultivé l'analyse granulométrique donne les résultats suivants :

	Argile	Limon	S.F.	S.G.	Gravier
Horizon érodé	12,7	7,2	48	32	4,8
Horizon inférieur	32,7	17,6	41	12	1,4

- l'érosion en rigoles : le ruissellement devient plus intense et il se forme des rigoles d'écoulement d'eau.
- l'érosion en ravines : les rigoles se transforment peu à peu en ravines plus ou moins profondes ; dans des dépôts meubles on observe souvent la formation de ravines de 1 à 2 m. par érosion régressive : des pans de terre sapés à leur base tombent dans la ravine qui progresse ainsi peu à peu.

Localisation.

L'érosion n'a pas partout la même intensité dans le Nord-Cameroun. Très forte dans toutes les zones montagneuses et à fort relief, elle est encore importante dans les zones de piedmont : Ouest de la route Maroua-Mora par exemple.

Dans le bassin tchadien, les pentes diminuent rapidement quand on s'éloigne des montagnes et l'érosion hydrique devient moins active. Il n'en est pas de même dans le bassin de la Bénoué, où toute la zone drainée par le mayo Louti et le mayo Binder est soumise à une érosion normale très importante. Le niveau de base (confluent du Mayo Louti et du Mayo Kebbi), n'est en effet qu'à 230 m., alors que le mayo Louti prend sa source à 1.000 m. d'altitude sur le plateau de Mokolo et qu'entre Maroua et Kaélé la ligne de partage des eaux, entre le bassin tchadien et le bassin de la Bénoué est à 450 m. : il en résulte un fort découpage du relief par de nombreux mayos et une importante érosion régressive.

Remèdes.

Nous distinguons une action générale à l'échelon de la région et une action locale à l'échelon du champ.

Action régionale.

Il faut porter l'effort en faveur de la conservation des sols sur les points suivants :

- Déterminer la vocation agricole, pastorale et forestière des sols.
- Réglementer les défrichements, l'utilisation des pâturages, l'exploitation forestière.
- Reboiser les zones fortement érodées ou ne convenant ni à l'agriculture, ni à l'élevage.
- Faire des barrages sur les petits mayos pour diminuer la force vive de l'eau.

Cette politique de conservation des sols doit être mise en oeuvre à l'échelon régional par les services techniques intéressés, Agriculture, Génie Rural, Eaux et Forêts, Elevage.

Action locale.

Cette action doit se faire au niveau du paysan par les agents d'encadrement locaux, qui doivent porter leur effort sur les points suivants :

- Délimiter le champ cultivé en lui donnant sa plus grande longueur parallèlement aux lignes de niveau, pour diminuer l'intensité du ruissellement.
- Laisser une bande de protection de largeur variable (2 à 10 m.) selon leur importance, le long des petits mayos ou ravins à proximité du champ: cette bande pourra être embroussaillée.
- Eviter de faire des pistes et rigoles dans le sens de la pente.
- Retirer les cailloux du champ et les mettre peu à peu en tas suivant les lignes de niveau.
- Améliorer l'infiltration pour diminuer le ruissellement : labour superficiel et sous-solage.
- Augmenter la résistance du sol à l'érosion en améliorant sa structure : maintien d'une teneur correcte en matière organique.
- Empêcher la dégradation du sol (dégradation de la structure ou diminution de la perméabilité) par les moyens déjà vus (jachère, engrais verts etc.): tout sol dégradé est sensibilisé à l'érosion.

Tout ceci n'est en fait qu'un arsenal de moyens assez variés de conservation du sol et de lutte contre l'érosion. Pour chaque champ et suivant le type de sol, le technicien agricole devra déterminer les moyens les plus efficaces à mettre en oeuvre et faire comprendre leur utilité au paysan : sans la collaboration complète et intéressée de ce dernier, tout programme de lutte contre l'érosion sera inefficace.

Conclusion pratique.

Comme conclusion pratique à ce chapitre, nous voudrions insister sur deux points qui nous paraissent essentiels pour une bonne utilisation des sols du Nord-Cameroun :

- Importance de la matière organique dont on a vu le rôle bien faisant sur les principales caractéristiques physiques et chimiques du sol. A ce sujet la zone climatique du Nord-Cameroun dispose du Faidherbia dont on n'apprécie pas toujours le très grand intérêt : cet arbre doit être protégé et multiplié partout où cela est possible.

- Importance et rôle néfaste de l'accumulation du sodium dans les sols : des précautions culturales et l'emploi de moyens mécaniques doivent permettre de résoudre ce problème.

C O N C L U S I O N

Dans les différents problèmes que nous venons de traiter reviennent constamment les termes "dégradation du sol", "conservation du sol", et les remèdes proposés tournent toujours autour de "maintien du potentiel organique du sol", "amélioration de la perméabilité", "reconstitution de la structure du sol". Tout cet aspect technique apparaît un peu rebarbatif, mais ce rapport aurait atteint son but, si nous avions pu faire saisir au praticien agricole l'importance du facteur sol dans l'amélioration de la productivité agricole et la nécessité de conserver ce capital intact.

Les problèmes qui se posent dans le Nord-Cameroun sont parfois assez spéciaux et les moyens à mettre en oeuvre sont plus ou moins simples : la collaboration indispensable du conseiller agricole et du paysan doit permettre d'améliorer la productivité agricole dans pour cela hypothéquer l'avenir par un gaspillage du capital "sol".

A N N E X E I

MODE DE PRELEVEMENT
DES ECHANTILLONS AGRONOMIQUES

--oOo--

Le prélèvement d'échantillons agronomiques est toujours délicat. Les données statistiques obligent à prélever un grand nombre d'échantillons élémentaires, si l'on veut que l'échantillon final soit bien représentatif de la zone que l'on veut étudier.

Nombre de prélèvements élémentaires.

Dans la pratique on peut se limiter entre 8 et 12 prélèvements élémentaires pour donner l'échantillon final : ce nombre de prélèvements est valable pour une surface qui ne doit pas dépasser $1/4$ à $1/2$ ha.

Si la surface à étudier est plus grande ou si l'on veut comparer entre elles plusieurs parcelles, augmenter le nombre d'échantillons à analyser, en faisant toujours pour chacun d'eux 8 à 12 prélèvements élémentaires.

Profondeur de prélèvement.

Le principe est de prélever tout l'horizon humifère (ou l'horizon de travail) du sol : celui-ci peut avoir une épaisseur variable selon les régions.

Dans le Sud-Cameroun, en forêt on peut prélever l'horizon 0 - 10 cm., et en savane l'horizon 0 - 15 cm. ou 0 - 20 cm.

Dans l'Ouest-Cameroun (en altitude) faire aussi des prélèvements de l'horizon 0 - 15 cm. ou 0 - 20 cm.

Dans le Nord-Cameroun l'horizon 0 - 10 cm. est suffisant.

Ces chiffres sont des ordres de grandeur qui peuvent varier dans les cas particuliers.

Mode de prélèvement.

Le plus simple est d'utiliser une bêche et de faire de petits trous de la profondeur voulue : prélever une tranche de terre de l'épaisseur désirée.

Echantillon final.

Ramener tous les échantillons élémentaires dans un endroit propre et bien mélanger le tout jusqu'à homogénéisation complète et enlever la plus grande partie des racines et débris végétaux : l'échantillon final est mis dans un sac en toile ou en polyéthylène et doit représenter au minimum un kg. de terre.

Prélèvement du sous-sol.

Il peut être intéressant de prélever un échantillon du sous-sol, quand ce dernier diffère fortement de l'horizon humifère par sa texture (quand il devient nettement plus argileux ou plus sableux) ou par sa structure (quand il devient plus compact).

La profondeur du prélèvement est évidemment variable mais doit être généralement compris entre 20 et 60 cm. : faire le prélèvement dans une zone homogène de 10 à 15 cm. d'épaisseur.

Envoi des échantillons.

Il y a intérêt à envoyer le plus rapidement possible les échantillons au laboratoire, après les avoir soigneusement étiquetés à l'intérieur et à l'extérieur du sac et en joignant obligatoirement une fiche de renseignements contenant les indications suivantes :

- Nom et adresse de l'expéditeur (agent de l'Agriculture, des S.E.M., etc)
- Date du prélèvement
- Localité
- Arrondissement
- Département
- Emplacement dans la localité
- Nom du planteur (éventuellement)
- Numérotage et profondeur des prélèvements.
- Végétation : cultures, plantations (noter l'ombrage)
jachères, forêts, savanes, etc.
- Rendements obtenus (éventuellement)
- Fumures organiques et minérales antérieures (éventuellement)
avec quantités et dates d'épandage.
- Observations diverses : présence de latérite, de rocher, d'eau à faible profondeur etc.
- Questions auxquelles doit répondre l'analyse :
mauvais rendement, malformation des arbres ou des plantes,
choix d'un terrain à caféier, cacaoyer ou coton, etc.

A N N E X E II

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

Publications et Rapports.

- BETREMIEUX (R.), 1948.- Les sols du Moyen-Logone et de la zone de capture. 1ère Conférence Interafricaine des Sols (Goma).
- ERHART (H.), PIAS (J.), LENEUF (N.), 1954.- Etude Pédologique du Bassin alluvionnaire du Logone-Chari. Publication O.R.S.T.O.M., 230 p., 2 cartes au 1/200.000e.
- PIAS (J.), GUICHARD (E.), 1958.- Etude Pédologique du Bassin alluvionnaire du Logone-Chari (Nord-Cameroun). Rapport O.R.S.T.O.M.; 306 p., 4 cartes au 1/200.000e.
- VAILLANT (A.), 1948.- L'érosion du sol dans le Massif du Mandara. 1ère Conférence Interafricaine des Sols (Goma).
- VAILLANT (A.), 1956.- Contribution à l'étude agricole des sols du Diamaré (Nord-Cameroun). Agronomie Tropicale n° 4.

Rapports I.R.CAM.

- SECTION DE PEDOLOGIE, 1951.- Les Stations agricoles de Maroua et Guétalé. P.16, 12 p.
- PIAS (J.), BACHELIER (G.), 1952.- Prospection pédologique du synclinal de Peské-Bori. P.24, 12 p., 1 carte au 1/100.000e.
- PIAS (J.), BACHELIER (G.), 1952.- Prospection des sols à coton dans le Nord-Cameroun. P.25, 9 p., 2 cartes au 1/200.000e.
- PIAS (J.), BACHELIER (G.), 1952.- Prospection pédologique de la route définitive Maroua - Garoua (section Maroua/Kong-Kong). P.26, 3 p., 1 croquis d'itinéraire.
- CURIS (M.), 1954.- Etude pédologique autour de Kaélé. P.44, 20 p., 1 carte au 1/200.000e.
- CURIS (M.), 1954.- Etude pédologique de la vallée du Mayo Louti (région Marbak-Gawar). P.45, 10 p., 1 carte au 1/200.000e.
- CLAISSE (G.), COMBEAU (A.), 1954.- Etude pédologique du Sous-secteur de Modernisation de Golompui. P.46, 12 p., 1 croquis au 1/100.000e.
- CLAISSE (G.), COMBEAU (A.), 1954.- Carte de reconnaissance de la région comprise entre la dépression de Fianga et le cours du Logone. P.47, 3 p., 1 croquis au 1/100.000e.

- COMBEAU (A.), CURIS (M.), CLAISSE (G.), 1954.- Les sols de la plaine de Kozamezogo. P.50, 3 p., 1 croquis au 1/100.000e.
- CLAISSE (G.), CURIS (M.), COMBEAU (A.), 1954.- Rapport de tournée de la région comprise entre Mamé et Makilinga. P. 51, 3 p., 1 carte au 1/100.000e.
- CURIS (M.), CLAISSE (G.), COMBEAU (A.), 1954.- Etude pédologique des villages de Boyoum et Mousgoy. P.52, 6 p.
- CURIS (M.), CLAISSE (G.), COMBEAU (A.), 1954.- Observations complémentaires dans la vallée du Mayo-Louti. P.53, 4 p., 1 croquis au 1/200.000e.
- CLAISSE (G.), 1954.- Etude pédologique du Secteur de Modernisation de Lara P.54.
- CLAISSE (G.), 1955.- Etude pédologique du Sous-secteur de Modernisation de Mousgoy. P.63.
- CLAISSE (G.), 1955.- Rapport de prospection de la partie Nord-Ouest de la feuille de Maroua au 1/100.000e. P.64, 5 p., 1 carte au 1/100.000e.
- COMBEAU (A.), 1955.- Les sols du reboisement de Garoua. P.65, 3 p.
- COMBEAU (A.), 1955.- Les sols du reboisement de Maroua. P.66, 7 p.
- COMBEAU (A.), 1955.- Les sols du Sous-secteur de Modernisation de Golompui. P.67, 13 p., 1 carte au 1/50.000e.
- BACHELIER (G.), 1957.- Etude pédologique des villages-pilotes de la Bénoué (Louggeré), P.81, 26 p.
- BACHELIER (G.), 1957.- Etude pédologique du Sous-secteur de Modernisation de Mousgoy. P.82, 16 p.; 2 feuilles au 1/20.000e.
- BACHELIER (G.), 1957.- Carte pédologique du Plateau Kapsiki au Sud de Mogodé. Reconnaissance pédologique de deux terrains situés au Sud de Maroua. P.83, 20 p., 1 carte au 1/50.000e, 2 croquis au 1/20.000e.
- CURIS (M.), MARTIN (D.), 1957.- Carte pédologique du canton de Lan (Arrondissement de Guider). P.89, 12 p., 1 croquis au 1/100.000e.
- CURIS (M.), MARTIN (D.), 1957.- Etude pédologique des villages-pilotes du Margui-Wandala. Tokombéré, Ganzé, Guéfata-Diverenc, Minco, Guétalé. P.90, 24 p.
- CURIS (M.), MARTIN (D.), 1957.- Etude pédologique des villages-pilotes du Diamaré: Godola, Madaka, Poukebi, Djalmé, Tchatabali. P.91, 29 p.

- MARTIN (D.), 1958.- Etude pédologique de la Station agricole de Djarengol (Maroua). P.97, 11 p. 1 carte au 1/2.000e.
- MARTIN (D.), 1960.- Etude pédologique du Poste de Paysannat de Mokio. P.113, 19 p. 1 carte au 1/10.000e.
- MARTIN (D.), 1960.- Etude pédologique de la Station Agricole de Guétalé. P.114, 17 p., 1 carte au 1/10.000e.

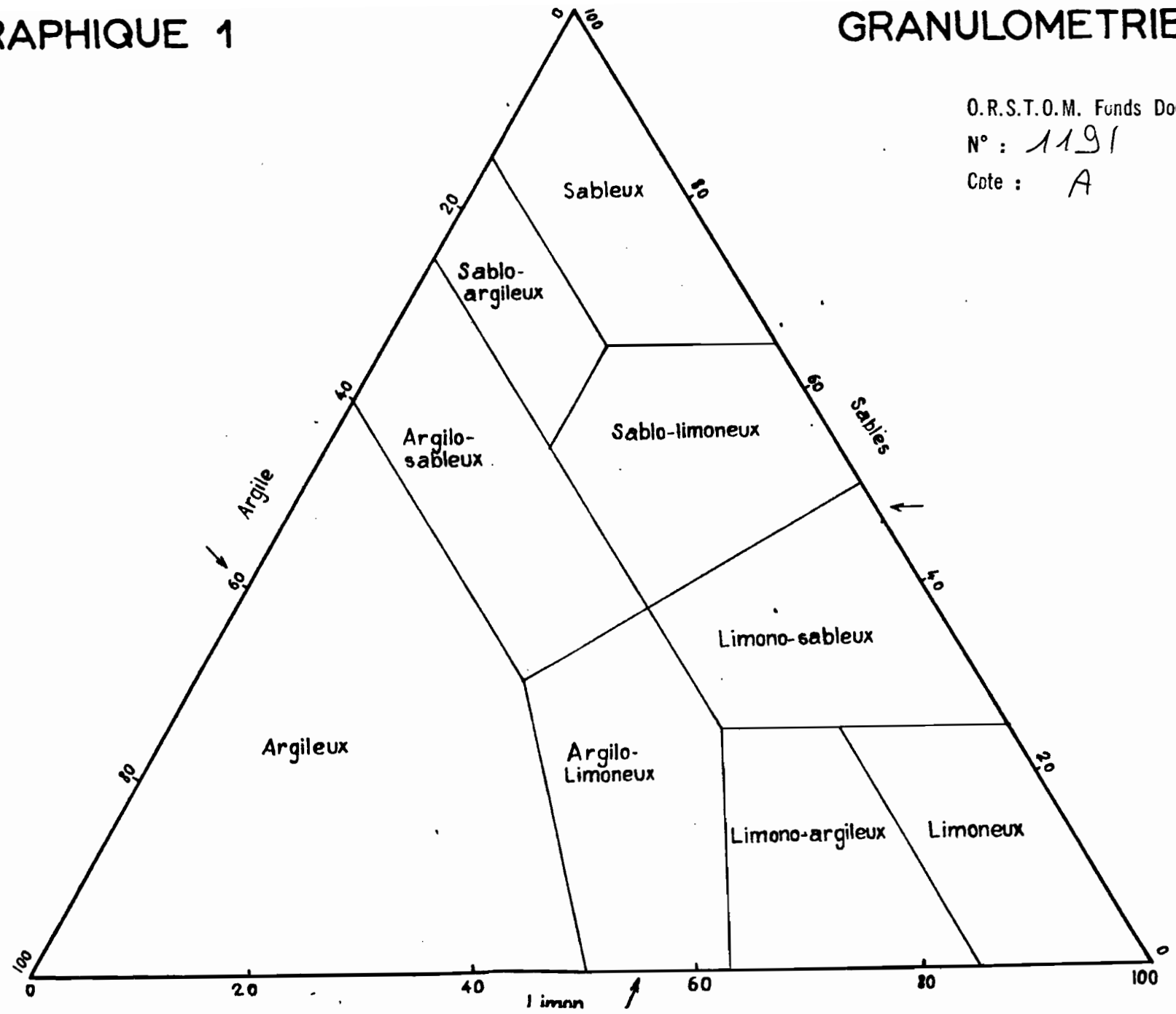
GRAPHIQUE 1

GRANULOMETRIE

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

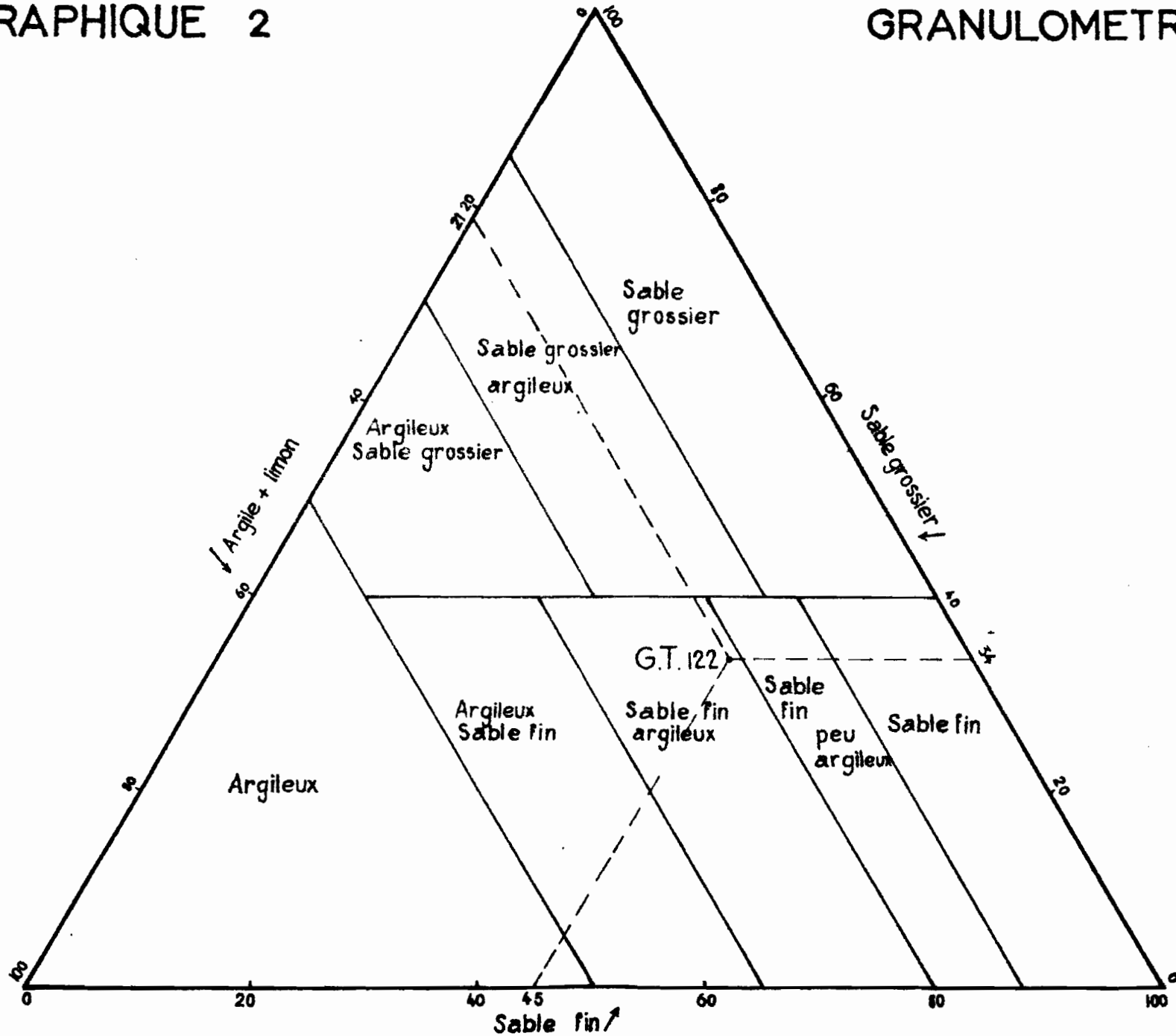
N° : 1191

Cote : A



GRAPHIQUE 2

GRANULOMETRIE



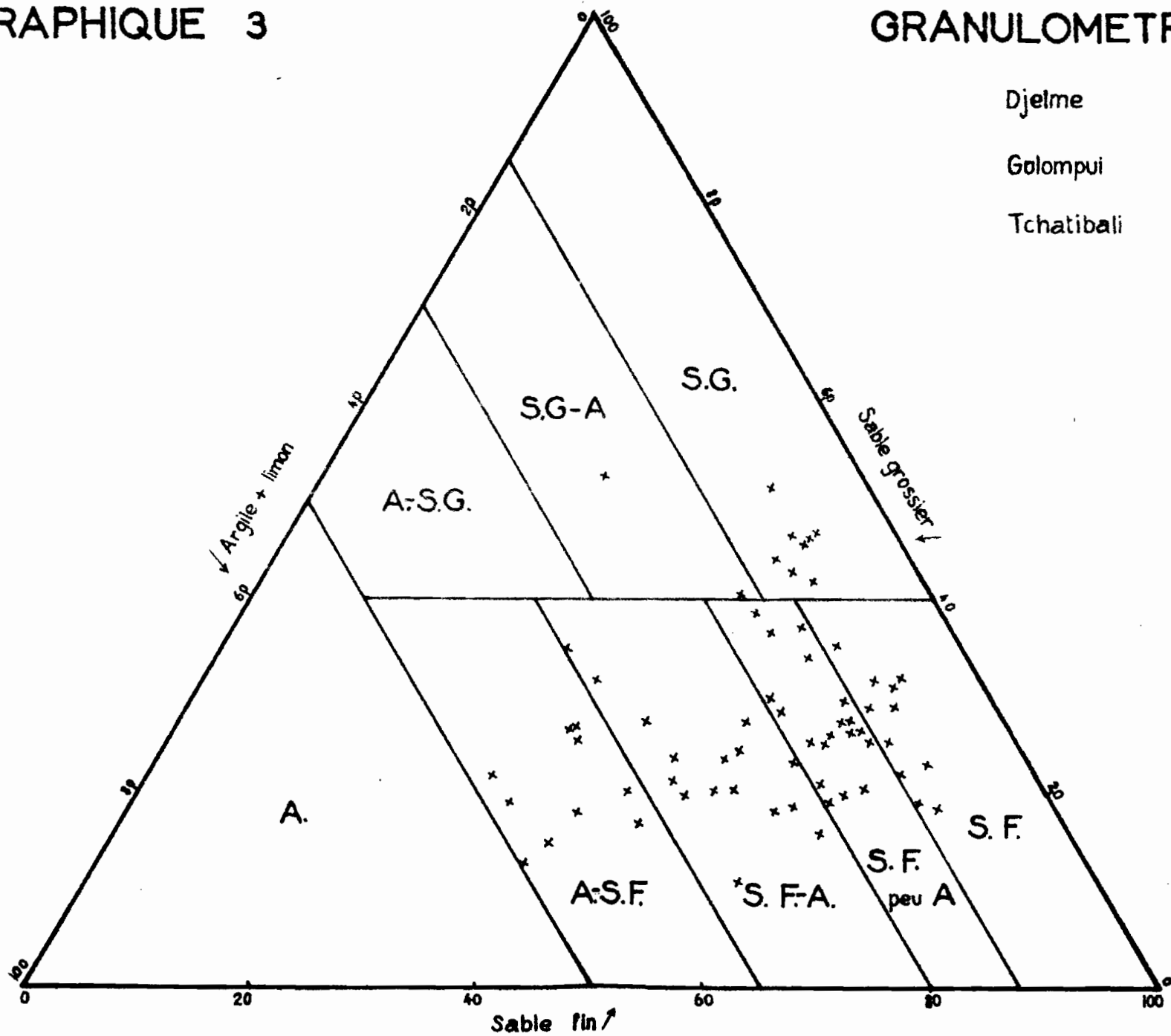
GRAPHIQUE 3

GRANULOMETRIE

Djelme

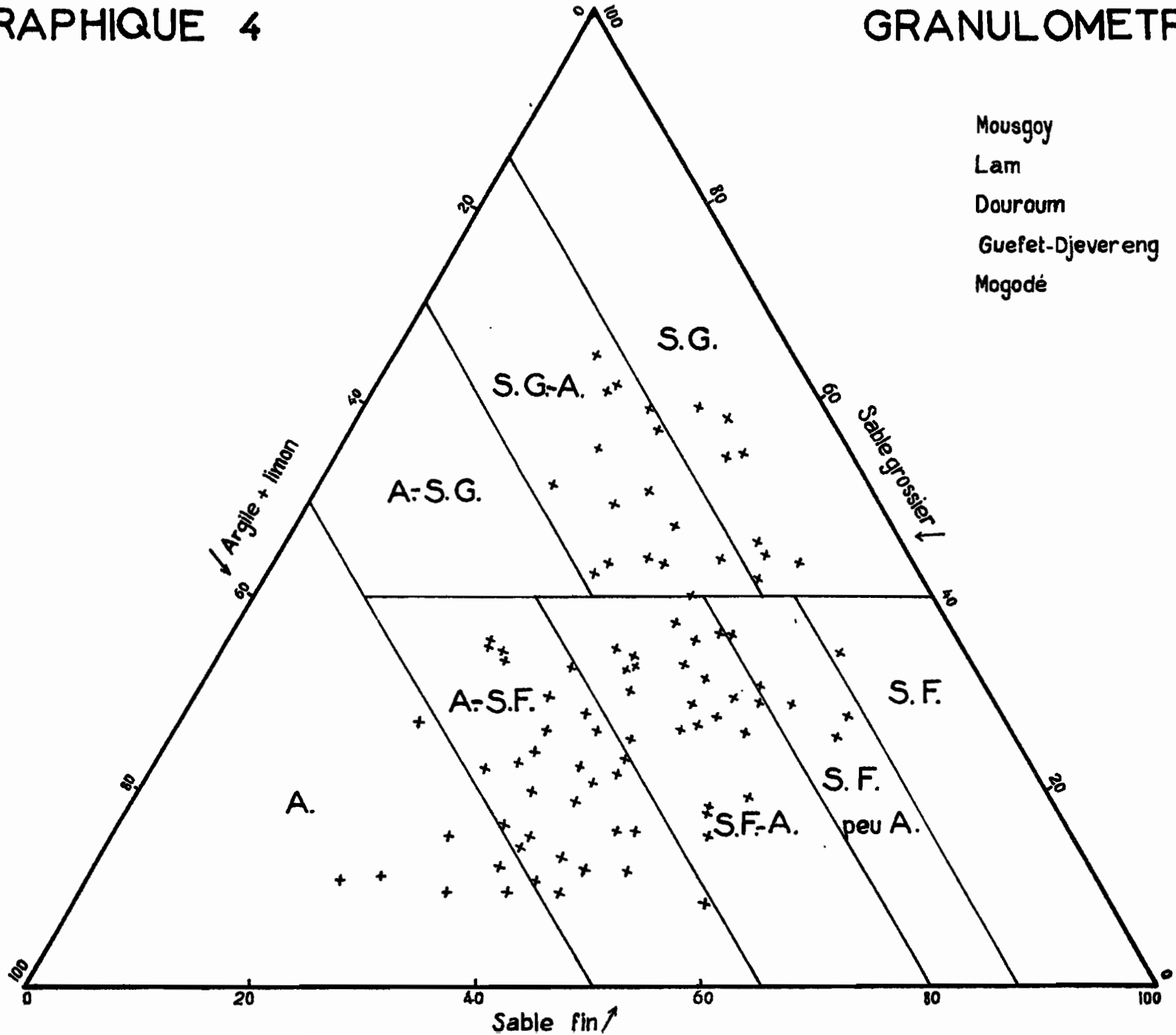
Golompui

Tchatibali



GRAPHIQUE 4

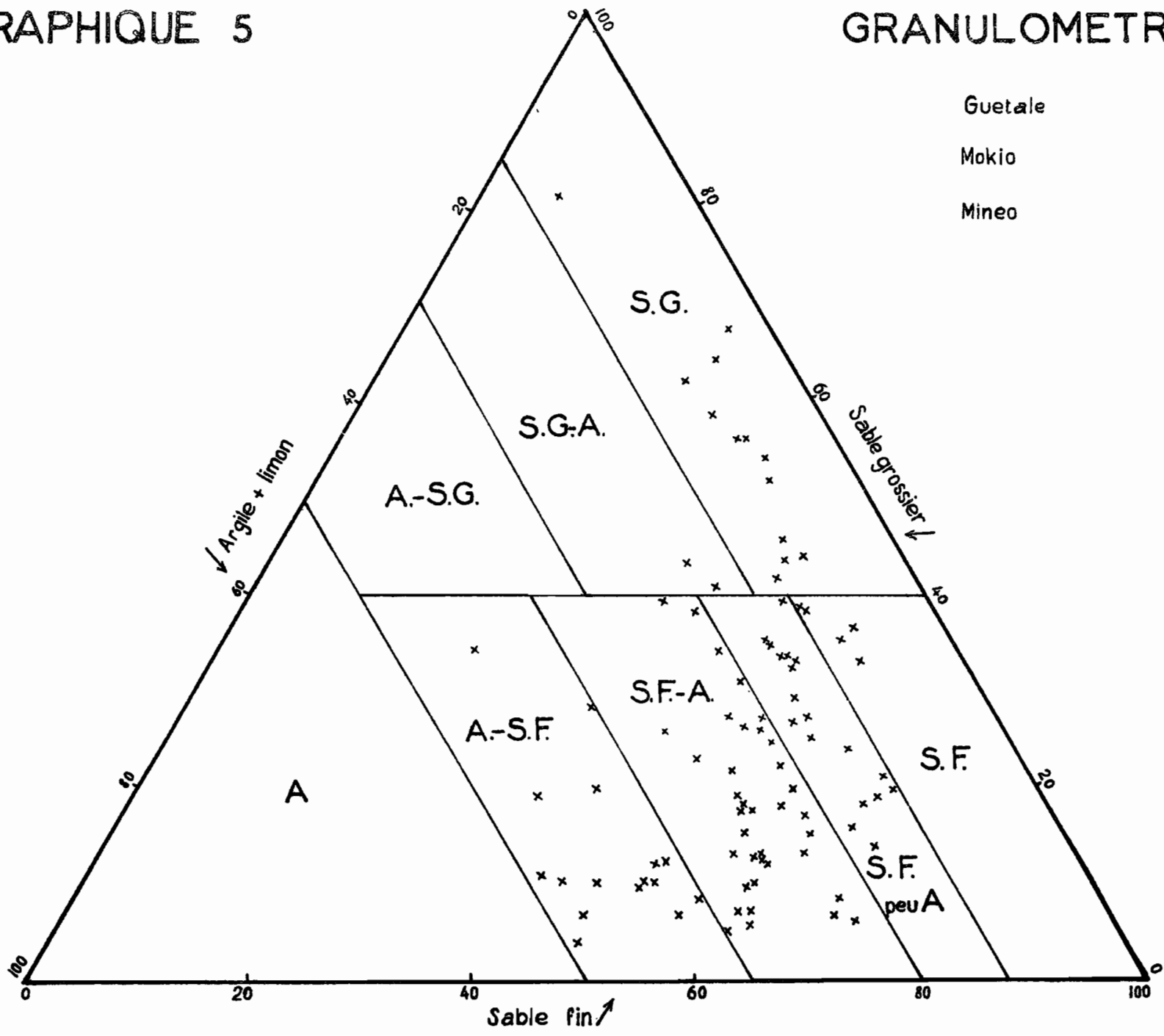
GRANULOMETRIE



- Mousgoy
- Lam
- Douroum
- Guefet-Djevereng
- Mogodé

GRAPHIQUE 5

GRANULOMETRIE



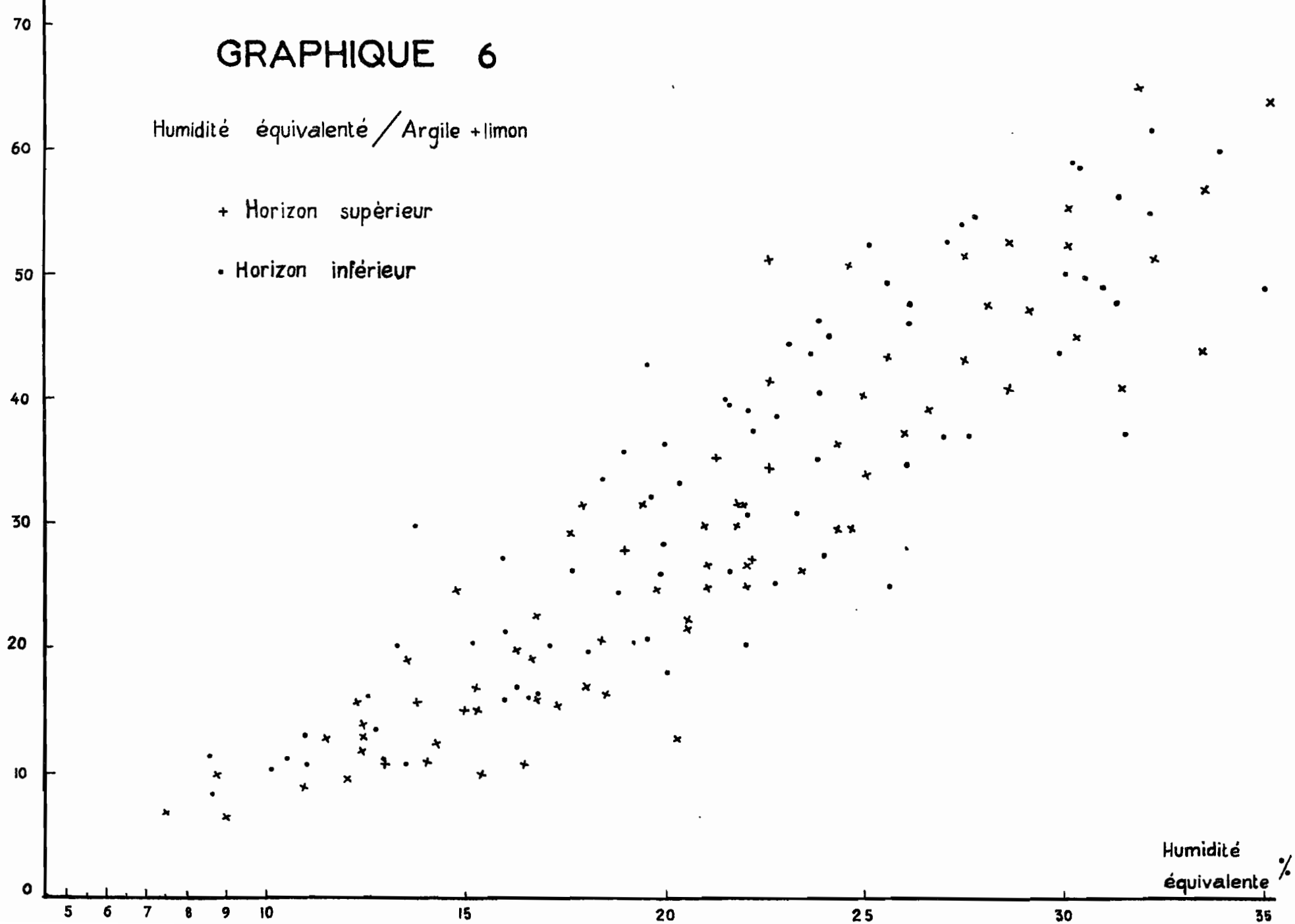
Argile + limon %

GRAPHIQUE 6

Humidité équivalente / Argile + limon

+ Horizon supérieur

• Horizon inférieur



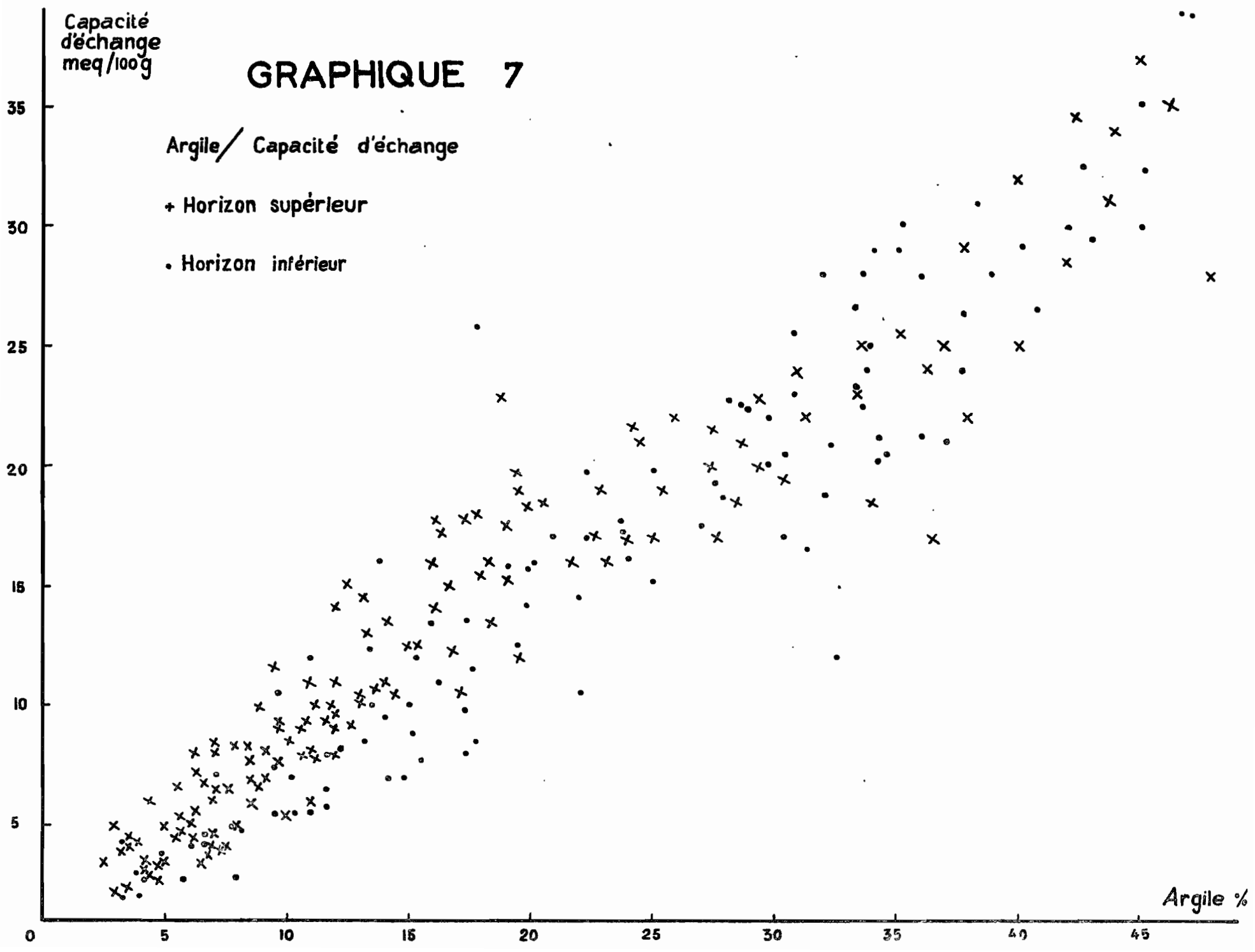
Capacité
d'échange
meq/100g

GRAPHIQUE 7

Argile / Capacité d'échange

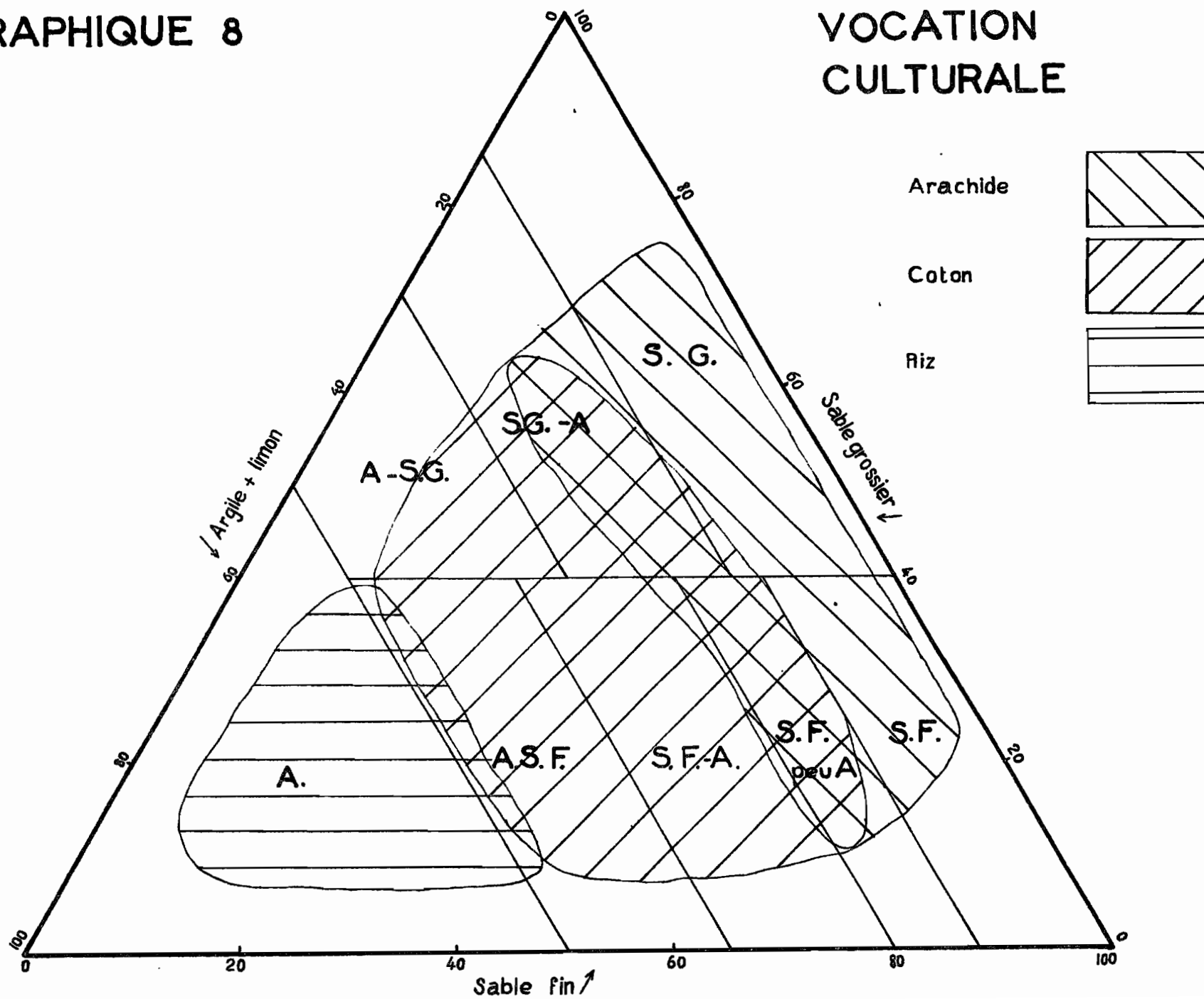
+ Horizon supérieur

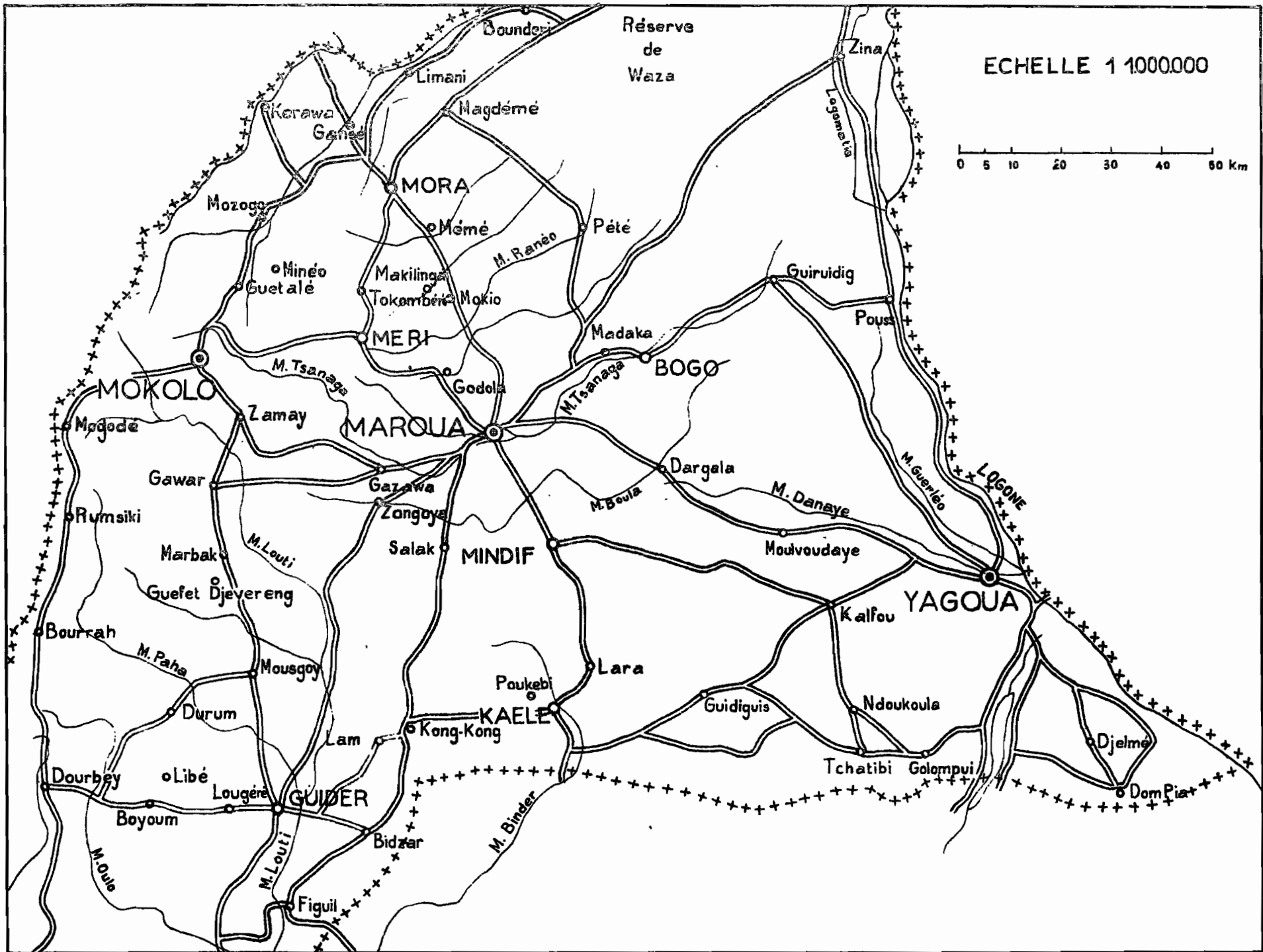
• Horizon inférieur



GRAPHIQUE 8

VOCATION CULTURALE





Réserve
de
Waza

ECHELLE 1 1000.000

0 5 10 20 30 40 50 60 km

Boundari

Limani

Magdémé

Kerawa

Gané

MORA

Mémé

Pété

Mozogo

Minéo

Guetale

Makilinga

Tokambé

Mokio

MERI

Madaka

Guiruidig

Pouss

MOKOLO

M. Tsanaga

MAROUA

Godola

BOGO

M. Tsanaga

Gawar

Gazawa

M. Boula

Dargala

M. Danaye

Marbaké

M. Louti

Zongaya

MINDIF

Salak

Mouvoudaye

Guefet Djevereng

YAGOUA

Bourrah

M. Paha

Mousgoy

Poukebi

Lara

Guidiguis

Kalfou

Ndoukoula

Durum

KAELE

Kong-Kong

Tchatibi

Golompui

Djelme

Dom Pia

Dourbey

Libé

Lougère

GUIDER

Bidzar

Lam

Boyoum

M. Louti

Figuil

M. Bindeer

M. Ouh