

# ÉTUDE PÉDOLOGIQUE DE LA ZONE DU VOLCANISME RÉCENT AU SUD-EST DE NGAOUNDÉRE (Cameroun)

par

G. BACHELIER

## INTRODUCTION ÉCOLOGIQUE

Ce rapport et la carte qui l'accompagne répondent à la demande qui nous a été faite de « délimiter dans l'Adamaoua les sols bruns fermés sur les produits du volcanisme récent ». Ils forment une suite à nos précédents rapports pédologiques\*, dont ils reprennent localement certaines données.

### Géologie

A travers les migmatites et les vieux granits du socle précambrien sont venus des granits plus récents et non déformés qui forment actuellement les massifs de Ngaoundéré et du kilomètre 80.

Après une période d'érosion intense correspondant pour les géologues à la formation des grès du Djerem, le socle précambrien pénéplanisé s'est trouvé recouvert par les basaltes de plateaux compacts et à olivines qui représentent le **volcanisme ancien**.

On date habituellement ce volcanisme du fin crétacé-début tertiaire. Il a eu une très grande extension et on le retrouve jusque dans l'Ouest-Cameroun avec les hauts-plateaux bamoun et bamiléké actuellement séparés des hauts-plateaux de l'Adamaoua par la plaine Tikar et la vallée du Mbam.

Sur la carte, les basaltes des plateaux en général peu épais ceinturent les massifs granitiques et laissent apparaître un peu partout le socle et les granits récents remis en surface par l'érosion.

Ce volcanisme ancien a été suivi d'un **volcanisme moyen**, beaucoup plus localisé, souvent de type péléen et en général représenté par des trachy-andésites.

BERNARD GÉZÉ dans l'ouest-Cameroun le date du pliocène (fin tertiaire) à début quaternaire.

Pour l'Adamaoua, il a donné les trachy-andésites et les phonolites des monts Ganha, mais il ne se trouve pas représenté sur la carte.

Enfin, au quaternaire, un dernier réveil du volcanisme, cette fois de type vulcano-strombolien, a donné des scories et des basaltes plus ou moins bulleux qui constituent le **volcanisme récent**.

\* Cf. liste jointe en annexe.

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

n° 96 15095 B

Les édifices d'émission de ce volcanisme se sont remarquablement bien conservés et s'orientent selon un jeu de failles, où seuls les volcans de la cassure principale (nord-ouest, ouest à sud-est, est) ont eu des coulées importantes.

Six de ces volcans ont donné naissance à des lacs de cratère dont cinq subsistent actuellement et, tant par leur diversité que par leur pittoresque, ces cinq lacs contribuent grandement à l'intérêt touristique de la région.

Autre conséquence secondaire de ce volcanisme, des sources d'eau juvénile, minéralisée, salée ou chaude (dites lahorés) jalonnent la chaîne volcanique principale ; très appréciées des troupeaux, ces sources sortent malheureusement près des cours d'eau et demandent des aménagements actuellement à l'étude\*.

### Hydrographie

Si on considère sur la carte l'orientation des coulées volcaniques, on constate, qu'à leur époque les grandes lignes du réseau hydrographique étaient les mêmes qu'actuellement car, ces coulées n'ont fait que suivre des dépressions, dont elles ont divisé les cours d'eau primitifs en deux nouveaux cours d'eau, qui maintenant les limitent.

Les coulées des volcans Bital, Lanpaa, Virni et N'Dang ont ainsi occupé les dépressions d'anciens cours d'eau, affluents de la Vina.

Caractéristique aussi est la coulée du Marbouille ; très longue et très étroite, elle est rigoureusement encadrée par deux cours d'eau qui, en fin de coulée, se rejoignent dans la vallée primitive.

Cette coulée, de plus, a barré la haute vallée du Marbouille en y déterminant une dépression encore localement marécageuse en saison sèche.

Car, à côté des comblements de vallées et de la division consécutive des cours d'eau, les coulées ont aussi produit des engorgements et créé des dépressions lacustres ou marécageuses qui se sont comblées ou continuent lentement à se combler.

Exception faite des quelques petites dépressions marécageuses qui, au nord, se rattachent au bassin de la Dibi, toutes les autres plaines alluviales de la carte (y compris la grande plaine de la Vina) ont été déterminées, ainsi que nous pouvons le constater, par des barrages de coulée volcanique et cette carte de la « zone du volcanisme récent » pourrait aussi bien se dénommer « carte de la haute-Vina sud », étant donné le caractère très particulier de l'hydrographie locale.

En saison des pluies, toutes ces plaines alluviales sont inondées et donnent au pays un caractère d'autant plus curieux que nous sommes à plus de 1.100 m, juste en bordure de la ligne de partage des eaux, entre la mer et la cuvette tchadienne, ligne matérialisée sur la carte par la route qui part à l'Est de Ngaoundéré vers les monts Ganha.

En saison sèche, la plus grande partie de ces plaines est asséchée et il serait intéressant de pouvoir en modifier aisément la flore herbacée pour les transformer en pâturages en évitant ainsi les grandes transhumances saisonnières vers le sud\*\*.

### Climatologie (cf. schéma)

Situés entre 1.000 et 1.500 m, les hauts-plateaux de l'Adamaoua possèdent un climat subtropical à régime des pluies dit tropical de transition.

La saison sèche s'étend de novembre à mars-avril, pratiquement sans précipitations, et la saison des pluies d'avril à novembre avec un maximum des précipitations en juillet. La pluviométrie est de 1,50 m à 1,60 m.

Le maximum moyen de température est compris entre 26° C et 28° C et le minimum moyen se situe autour de 16° C.

\* Cf. en fin de rapport annexe sur ces lacs et sur ces sources.

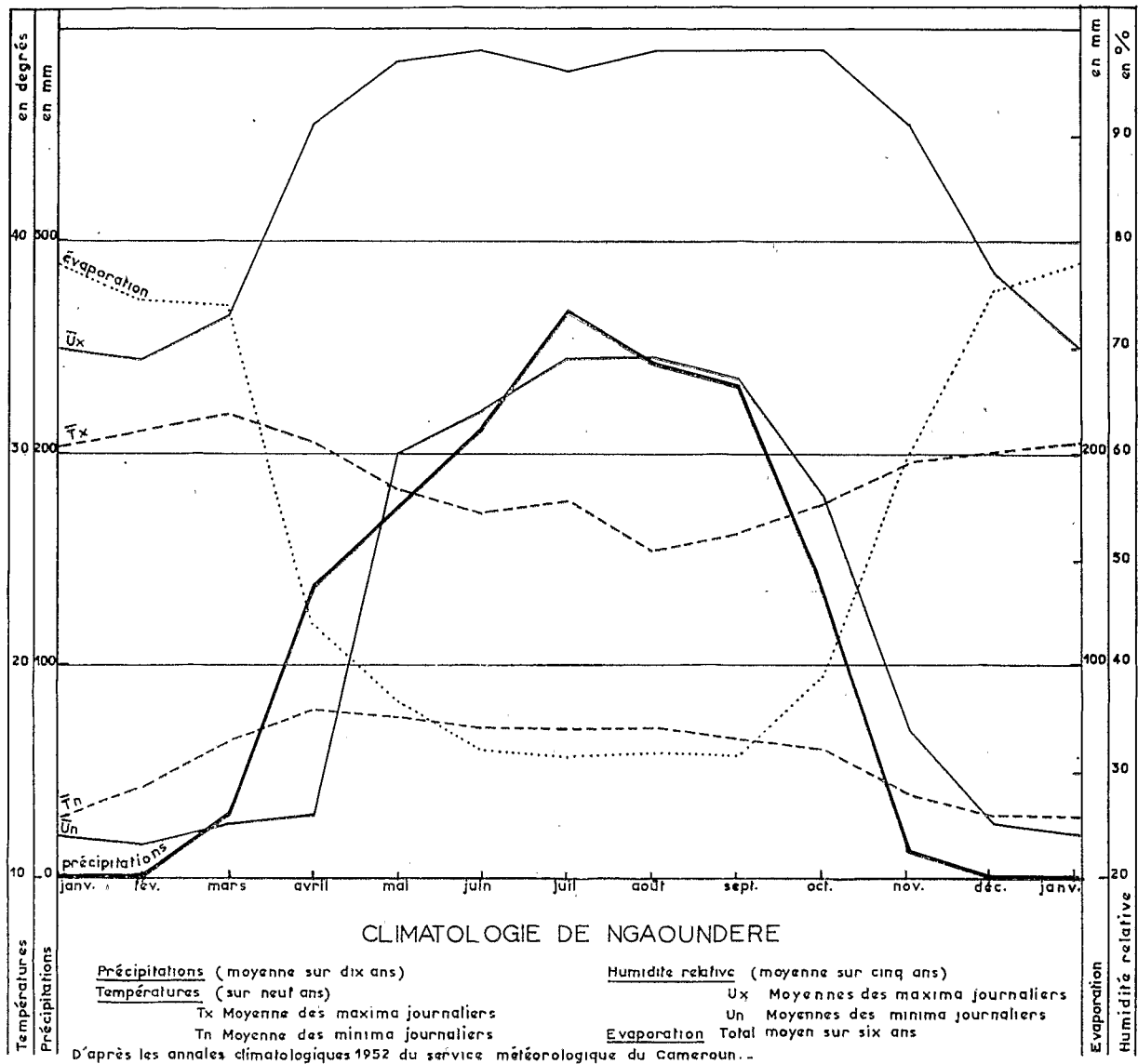
\*\* Des recherches dans ce but sont actuellement entreprises dans l'Adamaoua par les services de l'Élevage et des Eaux et Forêts.

Cf. aussi les conclusions du rapport pédologique sur la zone d'amélioration des pâturages (Rapport n° 5 de la liste bibliographique ci-jointe).

A Ngaoundéré (altitude 1.120 m), la pluviométrie est de 1,58 m, la température moyenne de 22° C avec des extrêmes absolus de 9,5° C et 35° C ; l'humidité relative moyenne, vers le milieu du jour, varie de 35 % en février-mars à 85 % en juillet.

Le climat très agréable de ces hauts-plateaux rappelle souvent celui des régions tempérées.

Les quelques courbes climatologiques ci-jointes en résument les principaux facteurs pour la ville de Ngaoundéré.



### Végétation

Le plateau de l'Adamaoua est recouvert par une forêt clairsemée à *Lophira alata*, *Daniella oliveri*, *Parkia filicoidea* et *Terminalia macrocarpa* ou *T. dewevrei*, avec un sous-bois à *Anona*, *Protea* et *Hymenocardia*.

Sur les terres rouges issues du volcanisme ancien, il semble que les *Lophira* et les *Daniella* soient d'autant mieux développés que le socle granitique est plus proche.

Sur les terres rouges profondes de la région cartographiée, il nous faut citer plusieurs arbres ou arbustes qui fournissent des fruits comestibles en début de saison des pluies (fin avril, début mai).

*Syzygium guineense* (Myrtacée).

*Xymenia americana* (Olacacée) ;

*Anona senegalensis* (Anonacée) ;

Sur les terres plus riches (sols bruns ou sols rouges rajeunis), on peut encore rencontrer :

Le karité (*Butyrospermum parkii*).

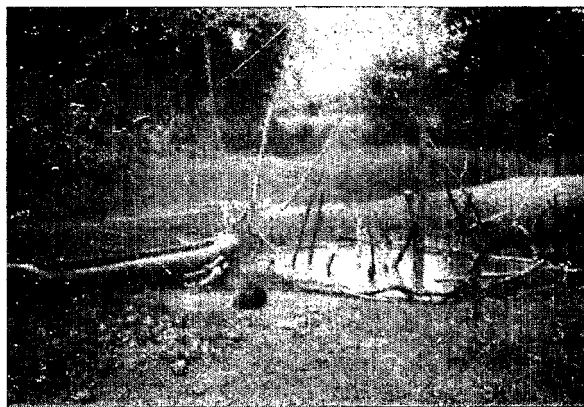
Le palmier ronier (*Borassus aethiopicum*), dont nous avons signalé sur la carte un peuplement au pied du volcan Nder en bordure sud de la plaine de la Vina.

Avec les premières pluies apparaissent aussi de nombreux champignons, parfois de grande taille, et plusieurs fleurs très décoratives tels les *Costus* et les *Crinum*.



Cliché G. BACHELIER.

Le Bital, volcan photographié du Soulandé, autre édifice de la chaîne volcanique.



Cliche G. BACHELIER.

« Lahoré » Baoua : Source salée et gazeuse située en bordure d'un ruisseau. Les branches fichées dans la source sont destinées à empêcher les bœufs de tomber dedans, la profondeur y étant de plusieurs mètres.

Les pentes des volcans sont recouvertes d'une strate graminéenne assez dense et appréciée du bétail qui, en se déplaçant le long de ces pentes, a fini par y créer une série de marches.

Très différente est la flore des plaines inondées en saison des pluies, dont les herbes ligneuses ou coupantes sont en général impropres à la nourriture du bétail.

En janvier et février, le feu est régulièrement mis aux herbes. Plusieurs avantages en résultent : chasse organisée pendant le feu, circulation plus aisée après tiques du bétail détruites, chétive repousse de l'herbe broutée par les troupeaux en déplacement, apport des cendres parfois utile pour les cultures de mil de la saison suivante.

Mais, à côté de ces divers avantages, reste l'inconvénient majeur des feux de brousse : offrir des sols dénudés à l'action violente des premières pluies orageuses.

A ce sujet, dans les bas-fonds argileux, il est courant de pratiquer « l'écobuage » avant de planter le mil.

Cette technique, qui consiste à couper le tapis herbacé en dessous des racines et à le retourner en billons pour le brûler, permet une mobilisation des éléments nutritifs, mais détruit complètement le sol et ne devrait être employé que très rarement et dans certains cas très précis (sol de bas-fonds à horizon de gley trop proche par exemple) \*.

\* Cf. annexe à l'étude pédologique de la Vina. Modifications physiques et chimiques du sol apportées par la technique de l'écobuage.

### Population et activités économiques

Les populations sont essentiellement représentées par les Foulbès ; conquérants musulmans venus du nord (on suppose d'Ethiopie), ils se sont depuis fortement métissés et le type primitif à teint clair se rencontre de plus en plus rarement.

A Ngaoundéré, capitale de « lamidat », le chef ou lamido entretient une petite cour de dignitaires et de guerriers, plus ou moins anoblis, autour de laquelle s'est fixée une population foulbé accompagnée de nombreux serviteurs.

Actuellement, sous l'influence du trafic routier et du commerce, les « quartiers d'étrangers » tendent à se développer.

Dans les campagnes, à part Dibi, situé en bordure de route, les villages sont de peu d'importance, et sont souvent réduits à quelques cases, encore que jusqu'à présent l'Administration, à tort ou à raison, se soit opposée à l'isolement en brousse des indigènes.

Agriculteurs, pêcheurs et chasseurs, les Mboums, qui sont les vrais autochtones, forment, souvent avec les Bayas, les serviteurs des Foulbés qui, autrement, les imposent plus ou moins en argent et en travail.

Les Bororos, pasteurs nomades, vivent avec leurs troupeaux et n'ont que des relations commerciales avec les indigènes et les Européens.

Ces derniers, bien que peu nombreux, trouvent dans l'Adamaoua un climat salubre et quelques-uns s'y sont fixés avec leur famille, vivant de l'élevage ou des cultures potagères.

Le mil, nourriture de base des indigènes, forme la principale culture du pays.

Par suite de l'altitude et du climat, la plupart des cultures potagères des pays tempérés ont pu être réalisées avec succès, et deux centres de maraîchages se sont créés : maraîchages administratifs de la Vina et maraîchages privés du lac M'Balang.



Cliché G. BACHELIER.  
Aspect caractéristique des zones boisées  
sur sols granitiques.



Cliché G. BACHELIER.  
Effondrement ou lavaka formée habituellement à la  
tête des ruisseaux dans les granitiques profonds.

Le marché est toutefois trop limité pour une grande extension de ces initiatives et la vocation économique du pays reste celle de l'élevage, pour lequel de remarquables réalisations ont déjà été faites, tels le centre zootechnique de Wakwa, très apprécié des indigènes, ou l'abattoir à chambres froides, proche du terrain d'aviation de Ngaoundéré.

Nul doute que la transformation des plaines alluviales en pâturages de saison sèche, si on arrive à la réaliser économiquement, ne permette, avec la suppression des transhumances saisonnières, une charge plus grande en bétail.

LES SOLS

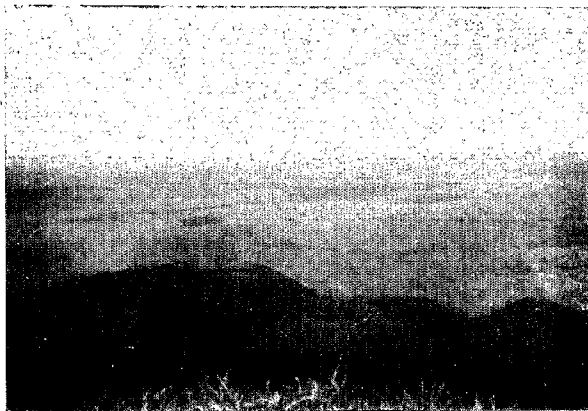
Les sols formés sur les roches volcaniques forment dans l'Adamaoua une série continue depuis les sols peu évolués sur basalte récent, jusqu'aux sols ferrallitisés sur basalte ancien.

L'âge de la roche-mère détermine en effet le degré d'évolution de ces sols qu'une topographie locale ou un micro-climat particulier peut cependant avancer ou retarder.

Les sols formés sur les produits du volcanisme récent s'avèrent sous les tropiques plus particulièrement intéressants car chimiquement très riches et physiquement remarquables.

La cartographie de ces sols forme le but de notre travail et, nous ne nous sommes pas attardé à combler les blancs de la carte qui correspondent à des zones dépourvues de basalte récent. Par contre, nous ne pensons pas avoir oublié de volcans ou coulées volcaniques quaternaires.

ROCHE-MÈRE	SOLS
Basalte récent plus ou moins scoriacé (type Biltal) . . . . . Quaternaire récent, éruptions stromboliennes et vulcaniennes . .	Sols foncés bruns brun-rouge.
Basalte sub-récent, quaternaire (type Wakwa), éruptions stromboliennes . . . . .	brun-rouge.
(Pour mémoire : trachy-andésites du volcanisme moyen non représentées sur cette carte).	
Basalte ancien (début tertiaire) Eruptions hawaïennes	Sols brun-rouge à rouge. a) en place, b) de recouvrement, c) à cuirasse de nappe ou de contact. Sols jeunes ou rajeunis.



Gliché G. BACHELIER.

Vallée obstruée par le Biltal et transformée en zone marécageuse (photographie prise du Biltal).

C'est dans cet ordre, qui est aussi celui de leur pédogénèse, que nous étudierons ces sols volcaniques.

Nous rappellerons ensuite plus brièvement les propriétés essentielles des sols formés sur granit, puis résumerons la pédogénèse des grands types de sols hydromorphes et terminerons en donnant quelques indications sur les principales cuirasses de l'Adamaoua, les lahorés et les lacs de cratère.

Pour illustrer chaque type de sol, nous avons choisi un ou plusieurs profils types que nous avons analysés en détail.

Les résultats analytiques se trouvent groupés dans un tableau à la fin de ce rapport avec une annexe sur l'expression des résultats et les méthodes d'analyse employées.

I. — LES SOLS FONCÉS FORMÉS SUR LES PRODUITS DU VOLCANISME RÉCENT

L'étude de ces sols nous a amené à distinguer au moins deux périodes dans le volcanisme récent, d'où dans notre précédent tableau la distinction entre les basaltes récents et les basaltes sub-récents.

Les édifices volcaniques représentatifs de ces deux émissions sont d'ailleurs différemment conservés.

Le Biltal par exemple forme un beau cône volcanique à forte pente alors que les restes des volcans de Wakwa sont réduits à des hauteurs séparées et fortement érodées.

Du point de vue pédologie, cette distinction se traduit par le fait que les sols reposant sur les basaltes récents sont des sols bruns, alors que les sols reposant sur les basaltes sub-récents sont plus évolués, plus ferrallitisés et déjà de couleur brun-rouge.

Cette distinction n'est toutefois pas absolue car, dans des conditions particulières de topographie et de micro-climat, un sol brun sur basalte récent a pu évoluer rapidement pour se présenter actuellement sous forme d'un sol brun-rouge.

Inversement, l'érosion a pu, dans un sol brun-rouge, rapprocher le basalte sub-récent de la surface et ce dernier, jouant alors comme un basalte récent, redonne un sol brun, mais en général il reste toujours des vestiges de l'ancien sol qui apparaît alors remanié et rajeuni.

Nous verrons plus en détail ce processus de rajeunissement avec les sols rouges formés sur basalte ancien, où il est bien plus net.

Nous pouvons résumer ainsi la série évolutive des sols formés sur les produits du volcanisme récent :

a) Les premiers, assez arbitrairement distingués, sont formés par un **ensemble caillouteux** de basaltes, souvent bulleux et peu altérés, inclus dans un horizon brun foncé à très belle structure et d'épaisseur très variable, allant de quelques dizaines de centimètres à un mètre et plus.

Echantillons choisis :

AD<sup>53</sup> 50-1 .. Volcan du lac Tissong  
AD<sup>56</sup> 8-1 .. Volcan Bonetail

Dans les dépressions, ces sols deviennent brun-gris très foncé, sont très organiques et renferment un chevelu radiculaire important.

Echantillon choisi :

AD<sup>56</sup> 5-1 ..... Dépression dans la coulée du Biltal.

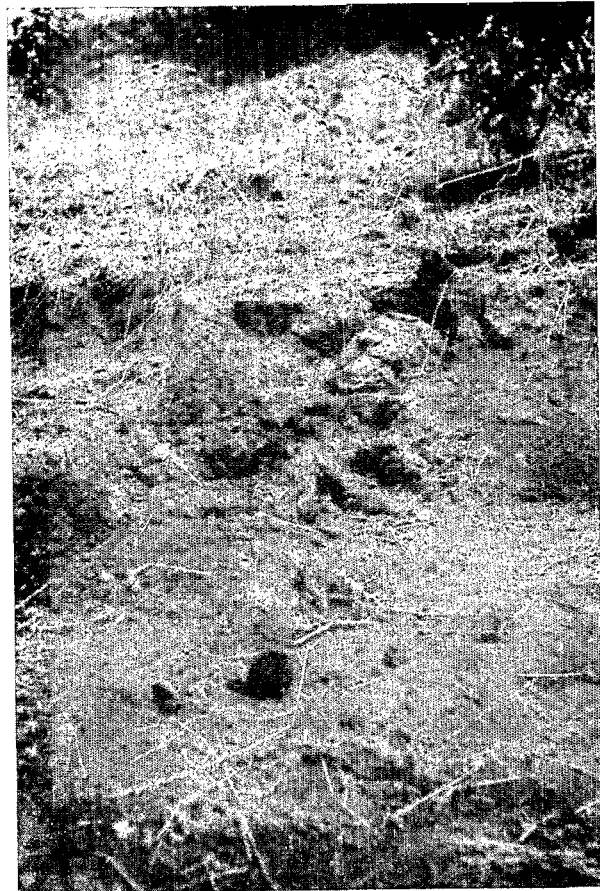
b) Suivent les **sols bruns** plus ou moins foncés, à belle structure grumeleuse, bonne porosité et bonne perméabilité.

Ces sols sont déjà lessivés et généralement vers 20 cm on passe à un horizon plus argileux et plus clair, qui peut se prolonger jusqu'à 1 mètre et plus.

Echantillons choisis :

AD<sup>53</sup> 7-1 et 7-2 ..... Petit volcan à l'ouest de la route de Ngaoundéré.  
AD<sup>56</sup> 4-1 ..... Au pied du Biltal  
AD<sup>56</sup> 6-1 ..... Volcan du lac Sabéréion (Terrain Ménager)

c) Viennent ensuite les **sols brun-rouge**, qui peuvent provenir d'une évolution plus poussée de certains sols formés sur basalte récent, mais qui habituellement correspondent aux sols formés sur les basaltes sub-récents.



Cliché G. BACHELIER.  
Sol brun juvénile sur basalte récent (lac Tissong).

Tel est le cas des échantillons choisis :

sol riche : AD<sup>56</sup> 1-1 ..... Coulée du Mabala au nord-ouest de Dibi  
sol pauvre : AD<sup>53</sup> 38-1 à 3 ..... Sol lessivé de pente. Ferme de Wakwa.

Des analyses précédemment faites sur les sols de l'Adamaoua, comme des échantillons ici choisis et analysés, il ressort les considérations suivantes :

#### GRANULOMÉTRIE.

Les sols bruns possèdent une forte teneur en limon et apparaissent sur le schéma granulométrique sablo-limoneux, argilo-limoneux ou même argilo-sableux, mais rarement argileux (accumulations de terre brune ou bas de pente).

Les sols brun-rouge, par contre, sont le plus souvent argileux, et montrent, pour le limon, des valeurs identiques à celles des sols rouges sur basalte ancien ; les éléments grossiers y font généralement défaut.

#### MINÉRALOGIE.

Les sables des sols bruns sont essentiellement constitués par des débris volcaniques plus ou moins altérés, des concrétions silico-ferrugineuses caractéristiques des sols en voie de latéritisation et des quartz aux arêtes vives ou émoussées, généralement remontés du socle, mais dont certains sont peut-être de néoformation (?).

On peut aussi y trouver des cristaux d'olivine (très nombreux dans l'échantillon AD<sup>53</sup> 50-1), des octaédres de magnétite et des petits morceaux d'obsidienne.

Dans les sables des sols brun-rouge, les débris volcaniques se font beaucoup plus rares et les concrétions silico-ferrugineuses beaucoup plus nombreuses. En profondeur, les débris de basalte altérés renferment souvent des géodes de calcédoine, caractéristiques d'un départ massif de la silice qui localement floccule.

On peut encore noter, dans ces sols brun-rouge, la présence de concrétions ferrugineuses, plus ou moins durcies et hématisées, qui correspondent à une nappe phréatique (terrain de la ferme de Wakwa) ou, dans d'autres sols, la présence de petites concrétions ferrugineuses d'apport, souvent patinées.

Dans les fractions argileuses, la kaolinite apparaît le minéral essentiel et les hydroxydes de fer et d'alumine sont d'autant plus abondants que les sols sont plus rouges et plus évolués.

#### ANALYSES TOTALES AUX TROIS ACIDES ET DEGRÉ DE LATÉRITISATION.

Cette diminution de la silice avec augmentation des hydroxydes de fer et d'alumine, quand on passe des sols bruns aux sols brun-rouge, nous est confirmée par les analyses totales.

Le rapport  $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$ , qui varie de 1,5 à 3 dans les sols bruns, varie de 1 à 2 dans les sols brun-rouge déjà très latéritisés.

#### MATIÈRES ORGANIQUES, RAPPORT $\frac{\text{C}}{\text{N}}$ , AZOTE, HUMUS.

Les sols bruns sont généralement riches en matières organiques et peuvent facilement en renfermer plus de 10 %, mais dans les sols bruns profonds, comme le profil AD<sup>53</sup> 7, où la matière organique est de 5,2 % en surface, elle diminue rapidement en profondeur et, pour le profil cité, atteint 2 % à 90 cm.

Dans les sols brun-rouge, elle est très variable en surface (de 2 à 5 % environ) mais devient généralement inférieure à 1 % en profondeur.

Le rapport  $\frac{\text{C}}{\text{N}}$  varie autour de 15 à 20 pour les sols bruns, ce qui est élevé et dénote une matière organique assez peu évoluée.



Dans les sols bruns mal drainés et à fort chevelu radiculaire (éch. AD<sup>56</sup> 5-1 par exemple), ce rapport s'élève aussitôt à 30 ou 40.

Dans les sols brun-rouge, le rapport  $\frac{C}{N}$  paraît plus faible que dans les sols bruns ordinaires et diminue régulièrement en profondeur.

L'azote est généralement élevé dans les sols bruns, mais parfois faible dans les sols brun-rouge.

L'humus, extrait à l'oxalate d'ammonium, bien qu'habituellement déficient sous les tropiques, est ici inégal, mais généralement dosable et même souvent de valeur moyenne pour les sols bruns.

Par contre, dans les sols brun-rouge, il est rarement dosable.

Ainsi, les matières organiques plus ou moins humifiées des sols bruns apparaissent responsables de la bonne structure de ces sols, et déterminent chez eux un complexe colloïdal argilo-humique à fort pouvoir de fixation.

#### BASES ÉCHANGEABLES, DEGRÉ DE SATURATION $\left(\frac{T}{S}\right)$ , ÉQUILIBRES CATIONIQUES.

La capacité de fixation en bases échangeables (T) des sols bruns varie en effet de 30 à 50 M. E. % g\*, mais ces sols ne sont saturés qu'à environ 30 % de cette capacité, ce qui donne habituellement en bases échangeables un peu plus d'une dizaine de M. E. % g, valeur très satisfaisante.

Ces sols bruns sont riches en calcium, très riches en magnésium, souvent riches en potassium et satisfaisants en sodium. Ce dernier élément, bien représenté, n'est nulle part nocif.

Le rapport  $\frac{Mg}{Ca}$  est généralement satisfaisant, mais il est des surfaces, où les sols peuvent renfermer de nombreux cristaux d'olivine, qui risquent de causer un déséquilibre de ce rapport en faveur du magnésium, si le calcium est insuffisant pour contrebalancer.

Ceci n'est pas le cas pour les échantillons AD<sup>56</sup> 8-1 et AD<sup>53</sup> 50-1, pourtant riches en cristaux d'olivine, mais se rencontre dans les sols rouges situés au sud du lac M'Balang (lac du terrain Besançon).

Dans les sols brun-rouge, les bases échangeables deviennent inférieures à 10 M. E. % g ; le calcium peut n'être plus que moyen, le potassium est généralement moyen, le magnésium encore assez élevé, mais plus faible, et le sodium semble se maintenir.

Dans certains cas (moitié inférieure des pentes de volcan), les sols brun-rouge peuvent être très lessivés et, proportionnellement aux autres cations, trop riches en sodium ; tel est le cas du profil AD<sup>53</sup> 38, sur lequel nous reviendrons en examinant l'influence de la topographie.

#### BASES TOTALES, RÉSERVES MINÉRALES.

De par les nombreux débris de roche-mère qu'ils renferment, les sols bruns possèdent de bonnes réserves en calcium et de très abondantes réserves en magnésium, mais les réserves en potassium sont pauvres et cet élément est à surveiller dans les sols bruns cultivés régulièrement.

Dans les sols brun-rouge, les réserves minérales conservent les mêmes caractéristiques, mais le potassium peut parfois y être un peu plus déficient que dans les sols bruns.

#### PHOSPHORE ASSIMILABLE ET PHOSPHORE TOTAL.

Le phosphore total est généralement élevé dans les sols bruns, moyen dans les sols brun-rouge.

Le phosphore assimilable est inégal dans les sols bruns et il n'apparaît dosable et de valeur moyenne que dans les sols les plus organiques.

Dans les sols brun-rouge, il est généralement non dosable par les méthodes habituelles.

\* M. E. = milli-équivalent. Afin de faciliter la lecture du texte, nous écrirons désormais M. E. pour 100 g ; M. E. % g.

## pH.

Le pH est faiblement acide et voisine autour de 6, se rapprochant parfois de la neutralité en surface ou à la base du profil.

Les terres brunes les plus foncées apparaissent les moins acides.

## RÉGIME HYDRIQUE.

Ces sols présentent une très grande perméabilité et une assez forte porosité, qui engendrent un état de sécheresse du sol en dehors des saisons pluvieuses.

Cette sécheresse du sol est encore accrue par la topographie, car les coulées affectent généralement une forme bombée et seules les parties les plus basses peuvent bénéficier d'une certaine « fraîcheur ».

La nappe phréatique est toujours très profonde et les puits n'atteignent l'eau que dans les secteurs privilégiés, en saisons sèche.

Par contre, la forte teneur en limon et matières organiques de ces sols leur donne un bon pouvoir de rétention d'eau, ils conservent des deux à trois premiers mois de la saison sèche une certaine humidité dans les horizons profonds, pendant que les horizons supérieurs deviennent rapidement craquelés et très durcis.

Ainsi que nous l'avons vu dans l'introduction, les marigots encadrent généralement les coulées volcaniques et, par suite de la perméabilité des sols qui emmagasinent l'eau en profondeur comme par suite des dépressions marécageuses, qui forment une réserve en amont, les marigots débitent souvent toute l'année, bien que très peu en fin de saison sèche.

## INFLUENCE DE LA TOPOGRAPHIE.

Deux « chaînes de sols »\* partant du sommet d'un petit volcan et allant jusqu'à l'extrémité de la coulée ont été étudiées à Wakwa, une est-ouest partant du sommet du mont Wakwa et l'autre nord-sud partant du sommet du Hamanbetere.

Au sommet, continuellement « rajeuni » par l'érosion, se situe un sol peu évolué, composé sur quelques décimètres par une terre brun foncé, de structure grumeleuse, renfermant des morceaux de roche altérée. Ce sont les échantillons possédant la meilleure capacité d'échange (T) et la plus forte teneur en bases (S) ; il y a tout lieu de penser que la nature minéralogique de l'argile en est la cause.

C'est sur les pentes, et de préférence dans la moitié inférieure de celles-ci, qu'on observe les sols brun-rouge les plus évolués et les plus lessivés (profil AD<sup>53</sup> 38 par exemple). Il semble qu'intervienne là un phénomène de lessivage oblique avec, phénomène assez curieux, maintien des valeurs du sodium, d'où souvent un déséquilibre du rapport  $\frac{Na}{Ca}$ , qui est alors trop élevé (cas encore du profil AD<sup>53</sup> 38).

En bas de pente dans la plaine, des sols brun-rouge plus riches succèdent à ces sols de pente lessivés.

## « CHAÎNE DE SOLS » EST-OUEST DE WAKWA. VALEURS DE S

(Somme des bases échangeables en M. E. % g)

	Sommet AD <sup>53</sup> 36	Haut de pente AD <sup>53</sup> 37	Bas de pente AD <sup>53</sup> 38	Plaine	
				AD <sup>53</sup> 39	AS <sup>53</sup> 40
Surface.....	14	4,6	2,4	7,1	5,7
50 cm .....	12,5			6,3	
100 cm .....		1,3	1,1	4,7	6
150 cm .....					3,4
200 cm .....			1,5		
250 cm .....		2,3			

\* Equivalent français du concept anglais de « catena ».

## CONCLUSIONS AGRICOLES.

Les sols foncés, formés sur les produits du volcanisme récent, présentent incontestablement une certaine richesse chimique ; leurs teneurs en bases échangeables, leurs réserves minérales, leurs richesses en azote et phosphore total, ainsi que leur structure physique et le taux des matières organiques, confèrent à ces sols une fertilité certaine.

En revanche, les sols les plus riches sont aussi les plus caillouteux et le bilan hydrique des sols bruns ou des sols brun-rouge est mauvais.

Dans cette région, où la saison sèche dure cinq mois, cela revient à dire que ces sols ne peuvent être cultivés qu'en saison des pluies.

Les possibilités d'irrigation sont assez rares, car les sources permanentes sont à une altitude inférieure à la surface des coulées, parce que réparties à leur périphérie, ou trop éloignées pour que l'on puisse amener l'eau à travers ces terrains eux-mêmes trop perméables.

Quelques irrigations, comme celle des maraichages de la Vina ou du verger de Wakwa, ont cependant pu être localement réalisées.

Un lessivage des bases et une dégradation dangereuse sont par ailleurs à craindre en cas d'irrigation directe, aussi, d'une manière générale, le remède est-il à chercher dans le travail du sol.

Il faut éviter le ruissellement au maximum, favoriser la pénétration de l'eau dans le sol et maintenir un couvert en saison sèche (paillage ?).

Dans certains secteurs, plus favorisés par suite de leur position par rapport au socle granitique ou aux abords de la cuvette, la nappe phréatique est proche de la surface et de petits aménagements locaux peuvent permettre certaines réalisations agricoles.

## II. — LES SOLS BRUN-ROUGE A ROUGE FORMÉS SUR LES BASALTES ANCIENS

Ces sols, plus vieux que les précédents, forment le terme ultime de la série évolutive décrite précédemment ; après interviennent essentiellement des phénomènes d'érosion, de transport ou de « rajeunissement » que nous verrons en fin de chapitre.

En fait, plusieurs données se recoupent pour indiquer que ces sols ont dû se former sous un climat plus humide et une végétation arbustive plus dense, mais, si ces conditions ont pu jadis accélérer la ferrallitisation, ces sols rouges n'en restent pas moins, à l'heure actuelle, le terme ultime de la série évolutive des sols volcaniques et ce, même si la vitesse d'évolution de ces sols s'est actuellement ralentie.

Les sols rouges occupent la majeure partie du plateau ayant subi les épanchements hawaïens tertiaires, mais, en de nombreux points, ils entourent les hauteurs granitiques ou plus généralement, quand l'érosion a enlevé le recouvrement basaltique, voisinent avec des sols sur le socle.

Echantillons choisis :

AD <sup>53</sup> 49-1 .....	Plateau du camp des manœuvres. Centre zootechnique de Wakwa.
AD <sup>53</sup> 51-1 à 5 .....	Grand profil de lavaka à l'ouest du mont Wakwa. Limite basalte-socle.
AD <sup>56</sup> 2-1 .....	Terre rouge transportée ayant recouvert la coulée du Lomoudou (N-E de Dibi).

## MORPHOLOGIE.

Un des principaux caractères de ces sols est leur grande homogénéité sur l'ensemble de leur zone d'extension géographique.

Leur pauvreté en humus, leur couleur rouge sombre typique, leur faculté de donner une poussière fine en saison sèche, leur structure plus ou moins prismatique le long des tranchées de route, leur donnent un faciès très reconnaissable.

Souvent très profonds (ils peuvent atteindre localement 5 à 10 mètres), ces sols apparaissent homogènes avec une teinte rouge un peu plus foncée caractérisant les premiers centimètres et une structure généralement prismatique marquant les premiers mètres.

Ces sols, en saison sèche, « semblent » finement sableux sur 3 ou 4 mètres et plus argileux en profondeur, mais nous avons affaire à des agrégats plus ou moins stables et ces sols sont en fait très nettement argileux dans tout leur profil, y compris les horizons superficiels lessivés.

Ces agrégats donnent au sol une structure grenue-grumeleuse, apparemment satisfaisante, mais permettent aussi en saison sèche une dessiccation profonde de ces sols et, indirectement, la formation d'une poussière abondante sur les routes.

La présence accidentelle d'une nappe phréatique, actuelle ou ancienne, permanente ou saisonnière, peut se traduire en profondeur par des gravillons ferrugineux ou un « ortstein » ferrugineux continu de 1 à 2 cm d'épaisseur.

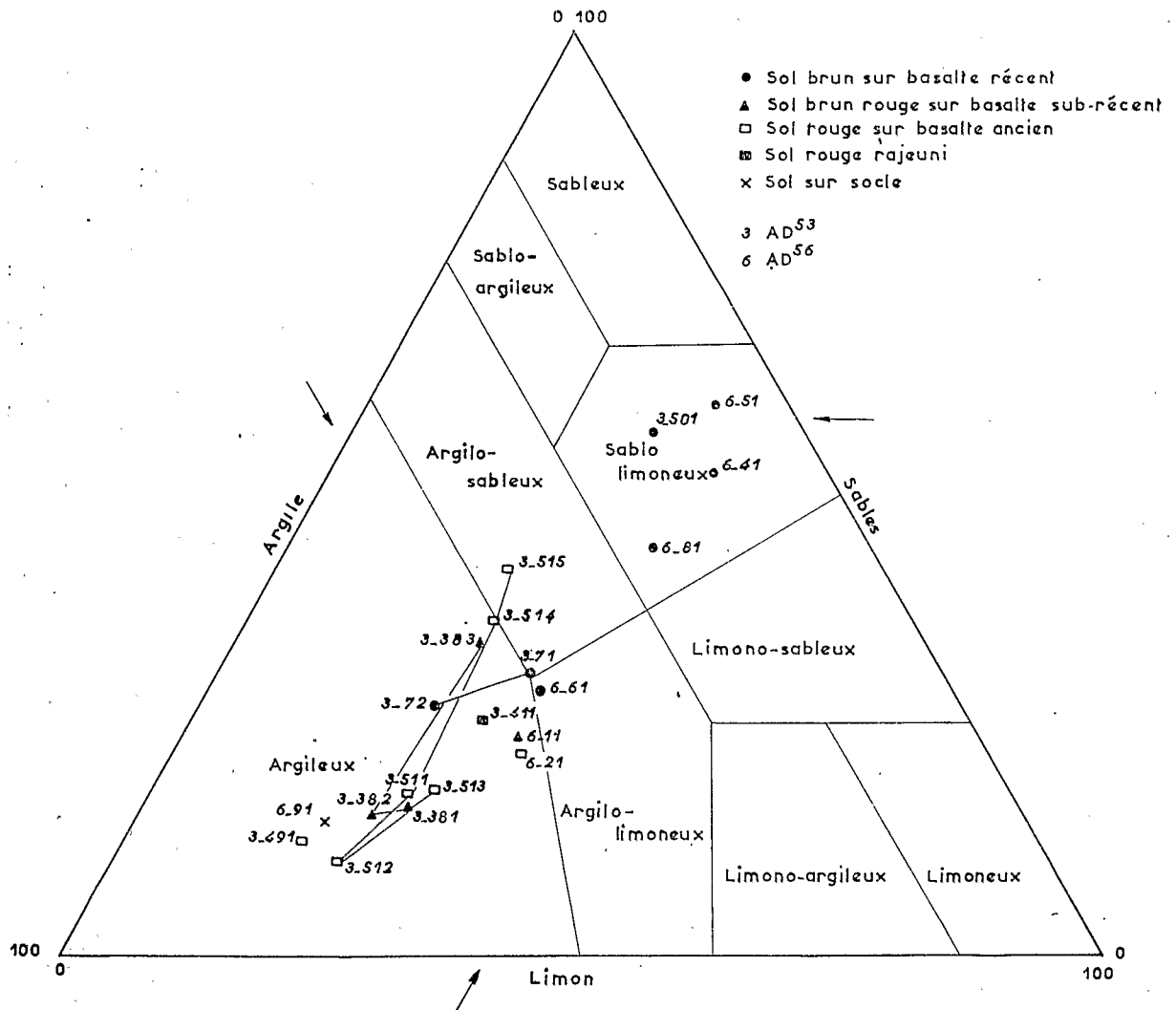
La cuirasse n'existe en profondeur que dans des conditions particulières (voir plus loin).

Lorsqu'on peut l'atteindre, la roche-mère altérée apparaît d'abord sous forme de boules se débitant en auréoles concentriques. Le produit d'altération est le plus souvent une masse gris-bleuté peu dense, avec des traces jaunes limonitiques d'aspect sableux et quelques concrétionnements noirâtres de manganèse, sur les plans de cassures.

Ces boules deviennent plus nombreuses en profondeur avec à l'intérieur souvent un noyau de basalte sain. L'horizon C de basalte compact peut être très profond.

GRANULOMÉTRIE ET MINÉRALOGIE.

La teneur de ces sols en argile varie de 50 à 70 % avec un léger lessivage de l'horizon supérieur et une diminution régulière de l'argile en approchant de la zone de départ.



En fait, la fraction dite « argileuse » est approximativement constituée par 50 % de kaolinite, 25 % d'hydroxydes d'alumine et 25 % d'hydroxydes de fer.

La teneur en limon est relativement constante et d'environ 20 %, ce qui différencie ces sols des sols ferrallitiques sur socle, où la teneur en limon est au contraire très faible.

Les éléments grossiers sont surtout représentés par du sable fin qui passe de 10 à 20 % en surface à 20-30 % en profondeur.

Ces éléments grossiers sont constitués par de petites concrétions ferrugineuses d'aspect plus ou moins gréseux, des quartz aux arêtes vives, des grains d'hématite, quelques octaèdres de magnétite et de rares débris de basalte altéré.

#### ANALYSES TOTALES AUX TROIS ACIDES ET DEGRÉ DE LATÉRITISATION.

Ces sols sont très ferrallitisés, la fraction quartz + insoluble à l'attaque aux trois acides est très faible, l'alumine y atteint 25 % et le rapport  $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$  est inférieur à 1,5.

MATIÈRES ORGANIQUES, RAPPORT  $\frac{\text{C}}{\text{N}}$ , AZOTE, HUMUS.

Exception faite de l'horizon humifère, le taux de la matière organique est faible et tombe rapidement en dessous de 1 % en profondeur, le rapport  $\frac{\text{C}}{\text{N}}$ , de 10 à 20 en surface, passe alors parallèlement à moins de 10 et même moins de 5.

L'azote, moyennement représenté dans l'horizon, humifère devient rapidement très déficient en profondeur.

L'humus est partout non dosable, exception faite des dix premiers centimètres de certains profils, où il est néanmoins très déficient.

BASES ÉCHANGEABLES, DEGRÉ DE SATURATION  $\frac{\text{S}}{\text{T}}$ , ÉQUILIBRES CATIONIQUES.

La somme des bases échangeables est faible et voisine autour de 1 à 2 M. E. % g, sauf pour les horizons de surface, où elle est le plus souvent de 5 à 10 M. E. % g.

La capacité de fixation en bases échangeables (T) est aussi remarquablement constante : une dizaine de M. E. % g, à l'exception de la surface où elle s'élève jusqu'à 20 et parfois 40 M. E. % g.

En dehors de ces horizons de surface généralement satisfaisants mais peu épais (20 à 30 cm), le calcium apparaît plus déficient que le magnésium et le potassium, eux-mêmes déjà déficients.

Le sodium, comme dans les sols bruns, ne semble pas diminuer dans les horizons lessivés, où il détermine un rapport  $\frac{\text{Na}}{\text{Ca}}$  trop élevé par suite de la diminution unilatérale du calcium.



Cliché G. BACHELIER.

Sol brun rouge sur basalte sub-récent  
(centre zootechnique de Wakwa).

Rappelons enfin le cas particulier des sols rouges situés au sud du lac M'Balang (lac du terrain Besançon), où la présence de très nombreux cristaux d'olivine dans les terres y crée un déséquilibre du rapport  $\frac{\text{Mg}}{\text{Ca}}$ .

#### BASES TOTALES. RÉSERVES MINÉRALES.

Les sols rouges paraissent posséder des réserves satisfaisantes en calcium dans les horizons supérieurs, mais généralement insuffisantes dans les sols profonds.

Les réserves en magnésium sont habituellement moyennes, mais inégales en profondeur.

Les réserves en potassium sont pauvres, celles en sodium satisfaisantes.

#### PHOSPHORE ASSIMILABLE ET PHOSPHORE TOTAL.

Le phosphore total est de valeur inégale ; généralement faible ou moyen (0,2 à 1 ‰), il est souvent plus élevé dans les horizons de surface ou les horizons profonds (cf. profil AD<sup>53</sup> 51).

Le phosphore assimilable, complexé par les hydroxydes de fer, est généralement indosable, sauf dans les horizons humifères et les horizons d'altération où il est cependant très faible.

#### pH.

Le pH est acide et varie entre 5 et 6.

#### RÉGIME HYDRIQUE, LAVAKA, TRANSPORT DES TERRES.

Ces sols paraissent de perméabilité inégale. Dans certains, l'eau s'infiltré rapidement par suite d'une texture sableuse stable et d'une structure prismatique des horizons supérieurs, mais d'autres se bloquent immédiatement avec la dispersion des colloïdes et l'obstruction consécutive de toute porosité.

Dans les sols profonds, l'eau circule en profondeur et peut y déterminer un « ortstein » ferrugineux de 2 à 3 cm d'épaisseur, continu mais non horizontal et sensiblement parallèle à la surface.

Les « lavaka » sont rares dans ces sols, mais peuvent cependant y exister si le courant d'eau en profondeur est suffisant pour saper le profil à la base. Ces « lavaka » se rencontrent à la naissance des marigots, qui, généralement dans les terres rouges, s'avèrent très enfoncés et ne possèdent qu'un très faible débit en saison sèche.

Ces terres enfin sont facilement transportables, et, en saison des pluies, l'eau qui ruisselle est tout de suite extrêmement boueuse.

Comme exemple de cette facilité de transport, citons sur notre carte le recouvrement de la coulée basaltique du Lomodou (N.-E. de Dibi) par les alluvions du marigot situé à l'ouest de cette coulée, d'où actuellement des buttes de basalte scoriacé émergent au milieu d'une étendue uniforme de terre rouge.

Cette terre rouge transportée (éch. AD<sup>56</sup> 2-1) apparaît plus limoneuse et plus organique ; elle est aussi chimiquement assez riche (8 M. E. ‰ g de bases échangeables).

Cette facilité de transport des terres rouges explique aussi qu'on les retrouve régulièrement en contre-bas des cuirasses de contact, qui délimitent les terres rouges du socle sous-jacent (cf. plus loin les cuirasses).

Enfin, à plus grande échelle, nous pensons que la grande plaine de sols rouges, qui s'étend à l'est de Tibati jusqu'au confluent du Meng et du Djerem, provient du dépôt des terres rouges arrachées au plateau de l'Adamaoua et transportées par le Djerem.

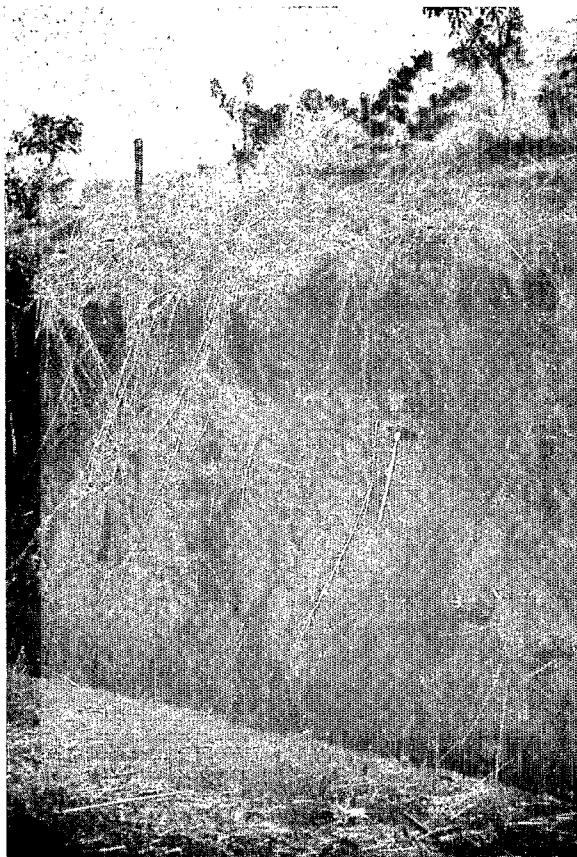
#### PHÉNOMÈNES DE RAJEUNISSEMENT.

Lorsque la partie supérieure des terres rouges disparaît sous l'effet d'une érosion importante, la roche-mère altérée se trouve alors rapprochée de la surface et l'on peut constater une néo-pédogé-

nèse, où le basalte altéré engendre avec les produits de l'ancien sol un nouveau sol brun de tonalité souvent caractéristique.

L'influence du matériau originel devient alors prépondérante et, suivant la topographie, le degré d'érosion et de rajeunissement, toute une gamme de sols peut être observée.

Ce sont surtout les propriétés structurales de ces sols qui se trouvent améliorées, car l'augmentation des bases, du phosphore et du pH n'est souvent décelable qu'en profondeur. La raison en est que



Cliché G. BACHELIER.

Sol ferrallitique rouge profond sur basalte ancien (lavaka à l'ouest du centre zootechnique).



Cliché G. BACHELIER.

Sol « rajeuni » sur basalte ancien.

le basalte altéré est lessivé dans la masse et se présente comme une masse bleutée, friable, et à petites géodes de calcédoine, guère plus riche que la terre qui l'entoure.

Ces sols que nous avons l'habitude d'appeler « sols rajeunis » sont souvent cultivés et forment des flots d'une fertilité relative au milieu des sols rouges.

#### CONCLUSIONS. AGRICULTURE, ÉLEVAGE ET REBOISEMENT.

Il ressort de cette étude que les sols rouges sur basalte ancien du plateau sont des sols habituellement pauvres, où l'horizon de surface a souvent été enrichi par le passage de nombreux troupeaux.

Du point de vue agricole, ils sont de peu d'intérêt, leur mise en valeur nécessitant trop d'efforts coûteux : engrais verts, compost ou fumier pour le complexe organique, engrais N. P. K. 10-10-20 avec apports locaux de calcium pour la richesse chimique, pulvérisation des horizons supérieurs et paillage pour conserver l'humidité.

Du point de vue pâturages, ces sols sont trop secs en saison sèche et trop boueux en saison des pluies.

Leur vocation semble donc, en dehors des surfaces de sols rajeunis, résider dans le reboisement, surtout quand, cas assez fréquent, le revêtement basaltique a disparu et que les racines des arbres peuvent atteindre en profondeur l'arène granitique. Certains arbres de savane, comme les *Daniella*, y sont alors de très belle venue.

### III. — LES SOLS FORMÉS SUR GRANIT

Nous distinguerons dans l'ensemble de ces sols, trois types différents, à savoir :

les sols arénacés, localisés dans les secteurs les plus accidentés où abondent les boules de granit,

les sols plus évolués et plus profonds du plateau,

les sols de recouvrement, constitués par un vestige ou un apport de terre rouge sur les sols évolués précédents.

#### Les sols arénacés

Ces sols se localisent principalement au sud de Ngaoundéré, autour des massifs granitiques qui émergent du plateau de basalte ancien et vers la chaîne granitique du km 80 (chaîne représentée à

l'extrémité de notre carte par les rochers de Katine Wango), mais on les rencontre aussi en de nombreux autres lieux, où le granit mis à nu donne des affleurements en boule (sud de la Vina au niveau de Wakwa par exemple).

Ces sols ont un intérêt très restreint ; généralement assez pauvres, ils n'offrent que de petites surfaces, non planes, encombrées de débris granitiques et difficilement utilisables. Ils ont en revanche une assez bonne structure physique et possèdent souvent des réserves minérales intéressantes, constituées en partie par des feldspaths encore incomplètement altérés.

Il est rare que la nappe phréatique soit assez proche de la surface pour conférer à ces sols une certaine fertilité en saison sèche et, dans ce cas là, on a généralement affaire à des sols hydromorphes (cf. plus loin).

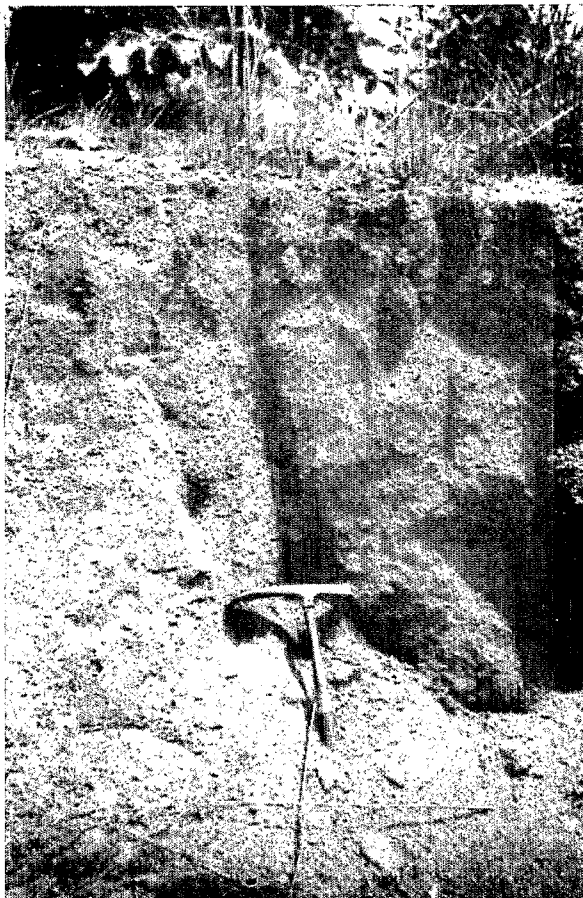
#### Les sols évolués et profonds du plateau

(Echantillon choisi : AD<sup>56</sup> 9-1, intermédiaire avec les sols arénacés).

Le principal caractère distinctif de ces sols est, en dehors de leur profondeur, une texture plus fine se caractérisant souvent par une forte teneur en éléments colloïdaux, qui diminue régulièrement jusqu'à la zone de départ.

Bien que de couleur claire, beige à jaune, ces sols sont cependant très évolués et leur degré de latéritisation est déjà très poussé (rapport

$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$  de 1,5 pour l'échantillon AD<sup>56</sup> 9-1).



Cliché G. BACHELIER.

Sol ferrugineux tropical lessivé sur granit de Ngaoundéré.



Leur texture physique est bonne et l'échantillon ci-dessus choisi, qui apparaît de texture sableuse est, en fait, très nettement argileux.

La capacité d'échange de ces sols est de l'ordre de 10 à 20 M. E. % g., mais augmente dans la zone de départ. Le complexe est en général saturé de 10 %  $\pm$  5.

Les bases échangeables sont donc faibles et montrent un léger lessivage des horizons supérieurs ; seul le potassium échangeable est souvent de valeur moyenne.

Ces sols possèdent par contre une réserve minérale habituellement satisfaisante.

Le phosphore et l'azote sont déficients.

Le pH est acide et varie entre 5 et 6.

Compte tenu de leur bonne structure physique et de leur réserve minérale satisfaisante, les sols les plus jeunes peuvent, s'ils sont bien situés, justifier un aménagement par l'irrigation et donner ainsi d'excellents résultats.

Un engrais organique phospho-azoté y serait alors certainement utile.

Mais dans leur ensemble, ces sols sont assez évolués et leur vocation semble être forestière ou pastorale en saison des pluies.

Du point de vue pâturages en effet, ces sols, comme les précédents, sont très secs en saison sèche mais, en saison des pluies, ils se ressuent rapidement et sont bien préférables aux sols rouges qui s'avèrent trop boueux pour les troupeaux.

### Les sols de recouvrement.

Les profils de ces sols se caractérisent par une coloration anormalement rouge des horizons supérieurs.

Etant donné nos observations de terrain, nous pensons que cette coloration est due à des vestiges de l'ancienne terre rouge d'origine basaltique ou à un apport secondaire de cette dernière.

Nous avons signalé plus haut les possibilités de dispersion des terres rouges et la facilité avec laquelle elles peuvent être transportées par les eaux pour donner, parfois très loin de leurs origines, des dépôts importants (terres rouges de la piste Tibati-Djerem par exemple).

Plus généralement, à petite échelle, et, compte tenu de l'intrication des sols rouges sur basalte et des sols sur socle, il arrive souvent que des terres rouges se trouvent mélangées à d'autres terres plus ou moins remaniées, et donnent des « sols de recouvrement » sur socle, qui sont anormalement rouges et qu'il faut éviter de confondre avec les sols rouges latéritiques du sud-Cameroun.

Ces sols de recouvrement, qui réunissent la vieille terre rouge d'origine basaltique à la terre des sols du socle, ne sont pas plus riches que ces derniers, et présentent physiquement les inconvénients des terres rouges.

Les fractions gravillonnaires et sableuses de ces sols sont exclusivement composées de quartz et de petites concrétions ferrugineuses d'apport.

Souvent enfin, dans ces sols, les horizons supérieurs sont lessivés en bases, mais non en colloïdes. Nous pensons que cela est dû à l'apport, dans l'horizon lessivé du sol du socle, de colloïdes issus d'une terre rouge pratiquement dépourvue de bases échangeables\*.

### Régime hydrique des sols sur socle. Lavaka.

Si l'on considère les photographies aériennes, alors que sur les sols rouges les marigots sont espacés, ramifiés dichotomiquement et dessinent d'amples courbes, sur les sols du socle au contraire les marigots sont rapprochés, très ramifiés et d'orientation brusquement changeante.

Cette hydrographie correspond à un relief beaucoup plus accidenté des sols du socle.

D'une manière générale, l'eau apparaît au contact basalte-socle et les marigots, qui coulent sur le socle, conservent très souvent un certain débit en saison sèche.

Les lavaka, grands ravins situés à la tête des marigots, sont assez fréquents dans les sols profonds.

\* Cf. le profil AD<sup>53</sup> 44 situé sur la route du lac Tissong et discuté dans « Introduction à la pédologie de l'Adamaoua ». A. LAPLANTE, G. BACHELIER. Juillet 1953.

#### IV. — LES SOLS HYDROMORPHES

Les plaines marécageuses de l'Adamaoua, généralement consécutives à des barrages volcaniques, sont intéressantes par leur diversité.

Les exemples que nous avons observés nous incitent à les rattacher à trois types principaux déterminés par le matériau de comblement des dépressions, à savoir :

- le matériau issu de sols bruns sur basalte récent ;
- le matériau issu de sols rouges sur basalte ancien ;
- le matériau issu de sols sur socle granitique.

Entre ces trois types principaux, se rencontrent des intermédiaires déterminés par la pluralité des matériaux-mères.

Quant aux différents faciès de chacun de ces types principaux ou intermédiaires, ils nous semblent déterminés par le régime hydrique.

On peut penser que le « géotype » du sol hydromorphe est déterminé par le matériel qui lui donne naissance, alors que son « phénotype » est déterminé en grande partie par le régime hydrique qui provoque l'aérobiose ou l'anaérobiose du milieu.

Nous ne ferons que rappeler les caractéristiques essentielles de ces sols, étudiés plus en détail dans des précédents rapports.

##### Sols hydromorphes constitués sur un matériau issu des sols bruns sur basalte récent

Les sols de ce type rencontrés présentent une nappe phréatique superficielle en toute saison.

Ils présentent sur plus d'un mètre un caractère organique ou même tourbeux, qui rend les analyses mécaniques sans signification.

La matière organique, qui en surface varie de 15 à 40 %, augmente en profondeur pour atteindre des valeurs très élevées (68 % pour AD<sup>53</sup> 12-3 à 2,5 m dans le petit marais du sud-est du lahoré Vina et 45,7 % pour AD<sup>53</sup> 42-2 dans le marais de Dibi).

Le  $\frac{C}{N}$  de valeur 15 en surface s'élève à 20 ou 25 en profondeur. Cette augmentation de la valeur  $\frac{C}{N}$  semble être un caractère distinctif de ce type de sol hydromorphe et correspond peut-être à une augmentation des lignines dans la matière organique.

L'humus de ces sols est un humus acide et le pH varie en surface aux environs de 5,5 bien que ces sols soient riches en bases échangeables.

Ils ont une grande capacité de fixation en bases échangeables (T) et s'avèrent bien pourvus en réserves minérales.

De nombreux débris volcaniques et de bois sont observables dans les graviers.

##### Sols hydromorphes constitués sur un matériau issu de sols rouges sur basalte ancien

La série de ces sols peut être définie dans la plaine de la Vina par les sols du bourrelet riverain, qui séparent la Vina du marais de la Membère.

Le sol-type de ce bourrelet riverain est essentiellement composé de trois horizons, à savoir :

Horizon de surface, brun foncé à brun-gris, riche en débris organiques, à structure grumeleuse et à tendance parfois tourbeuse. Des pseudo-agrégats ferrugineux et organiques en empêchent l'analyse mécanique.

Horizon sous-jacent brun-jaune, à structure particulière ou nuciforme avec nombreuses traces d'hydromorphisme. Cet horizon est lié à des processus physico-chimiques aérobie et ne se développe qu'en fonction d'un drainage de saison sèche satisfaisant.

Horizon de gley déterminé par le milieu anaérobie que crée une nappe d'eau permanente ou presque constante.

L'ensemble des deux premiers horizons est en moyenne profond de 50 cm dans les parties les plus exondées en saisons sèche.

Comme caractéristiques principales des horizons bruns, nous noterons :

la pauvreté chimique et l'absence de réserves minérales,

la richesse en matières organiques et en humus acide (pH de 5 à 5,7) en surface ; rapide diminution de ces éléments en profondeur,

diminution de même du rapport  $\frac{C}{N}$ ,

horizon de gley, mastic puis gris, à traînées jaunâtres (pH 6,2 à 6,3).

Ainsi la terre rouge transportée dans une dépression donne en milieu inondé en permanence un horizon de gley mais, en milieu régulièrement exondé, comme le bourrelet riverain de la Vina, une terre brun-jaune, à horizon supérieur brun, riche en matières organiques et humus acide.

Cette matière organique détermine une bonne structure physique de ces sols, mais n'en modifie pas la pauvreté chimique.

### Sols hydromorphes constitués sur un matériau issu de sols sur socle granitique

Ces sols présentent des faciès très différents selon le régime hydrique et la qualité du matériau provenant du socle (colluvium riche en feldspaths ou alluvium siliceux par exemple), mais ce qui distingue nettement ces sols, c'est la compacité et la dureté à sec des horizons superficiels renfermant environ 40 % d'argile, et l'extrême plasticité des horizons de gley sous-jacents.

Il est naturel de penser que les feldspaths en se kaolinisant dans l'eau sont responsables de ces caractères.

Ces sols, en bordure de la zone d'inondation, présentent souvent une surface argileuse grise et bouleversée par les vers de terre.

La richesse en bases est assez bonne (de 2 à 6 M. E. % g) et les réserves minérales habituellement satisfaisantes.

La richesse en matières organiques d'environ 10 % en surface, passe à 1 % dans l'horizon de gley.

Le pH de ces terres varie de 5,5 à 6.

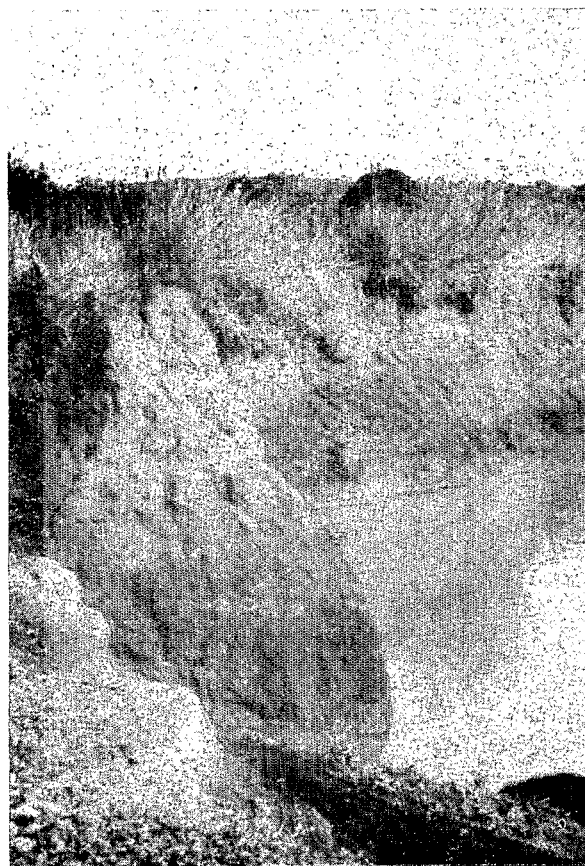
### Conclusions

Tous ces sols hydromorphes, exception faite des sols tourbeux d'ailleurs assez rares, sont à vocation pastorale étant donné la pénurie de pâturages de saison sèche, qui oblige le bétail à de pénibles transhumances saisonnières vers le sud.

Mais ces pâturages de bas-fond demandent à être améliorés, sinon créés, ce qui nécessite essentiellement la maîtrise de l'eau et la sélection des herbes.

Le pâturage de bas-fond doit être suffisamment humide pour fournir de l'herbe verte, mais, par ailleurs, assez drainé pour éviter la boue.

Selon les lieux, l'irrigation ou le drainage peuvent être nécessaires.



Cliché G. BACHELIER.

Sol hydromorphe du bourrelet riverain de la Vina (accumulation de terre rouge transportée dans la plaine de la Vina).

RÉSULTATS ANALYTIQUES

Type de sol	n° échantillon	Profondeur	Couleur au code expolaire	Analyse mécanique					Bases échangeables										Bases totales			
				← 100 →				Gravier %t.t.	M. E. % g.						S T	Mg Ca	Na Ca	M. E. % g.				
				Argile	Limmon	S. fin	S. grossier		Ca	Mg	K	Na	S	T				Ca	Mg	K	Na	
<i>Sols bruns sur basalte récent</i>	AD <sup>56</sup> 4-1	10-40	brun foncé J 32	10,5	36	38	15,5	0	9,20	4,6	0,62	0,33	14,7	48	0,31	0,50	0,03	27,6	188	1,28	1,29	
	» 5-1	10-30	brun-gris très foncé J 61	6,5	33,5	23	37	negl	8,41	3,6	0,50	0,28	12,5	69,5	0,18	0,44	0,03	31,7	46,3	1,01	1,03	
	» 6-1	0-45	brun foncé H 32	38,5	31,5	15,5	14,5	0,2	3,12	4,5	0,37	0,20	8,2	31,5	0,26	1,44	0,06	15,3	37,5	1,44	1,07	
	» 8-1	5-30	brun rouge foncé J 42	20,5	35	18,5	26	25,6	11,9	8,9	0,62	0,26	21,6	44	0,49	0,75	0,02	57,4	309	2,31	1,82	
	AD <sup>53</sup> 7-1	0-20	brun foncé H 63	33,5	30	20,5	16	1,0	5,74	3,06	1,0	0,52	10,3	35	0,29	0,53	0,09	20,5	24,4	2,64	1,23	
	» 7-2	90	brun E 54	50	22	18	10	0,5	4,08	3,8	0,40	0,56	8,8	31	0,28	0,93	0,14	16,9	20,9	1,69	1,07	
	» 50-1	0-20	brun foncé H 61	13,5	29	41,5	16	8,5	8,35	3,06	0,90	0,72	13,0	46	0,28	0,37	0,09	30,7	161	2,64	5,21	
<i>Sols brun-rouge sur basalte sub-récent</i>	AD <sup>53</sup> 38-1	0-10	brun-rouge foncé J 34	58	26	11,5	4,5	0,9	0,96	0,66	0,25	0,52	2,4	32	0,07	0,68	0,54	12,3	17,4	0,69	< 0,5	
	» 38-2	100	brun-rouge foncé J 26	61,5	22	13,5	3	0,7	0,28	< 0,13	0,17	0,52	1,07	15	0,07	< 0,5	1,86	11,2	12,2	0,59	1,21	
	» 38-3	200	brun E 54	42	23,5	21,5	13	8,3	0,61	< 0,13	0,23	0,56	1,5	24	0,06	< 0,2	0,91	11,2	20,9	0,49	< 0,5	
	AD <sup>56</sup> 1-1	20-40	brun-rouge foncé J 22	43,5	32,5	15,5	8,5	0	4,1	6,0	0,30	0,46	10,8	41,5	0,26	1,47	0,11	15,3	27,9	1,42	1,07	
<i>Transport Terres rouges sur basalte ancien</i>	AD <sup>56</sup> 2-1	10-40	brun-rouge foncé H 22	44	34	13	9	0	2,66	4,5	0,53	0,25	7,9	35,5	0,22	1,70	0,09	14,3	22,7	2,2	0,85	
	AD <sup>53</sup> 49-1	0-20	rouge-jaune H 46	70	17	8,5	4,5	0,3	1,51	3,2	0,42	0,38	5,5	20	0,27	2,11	0,25	12,3	8,7	1,12	1,23	
	» 51-1	0-10	brun-rouge foncé H 24	54,5	27,5	13,5	4,5	0,1	6,02	3,6	0,50	0,44	10,5	25	0,42	0,60	0,07	9,9	8	0,74	1,21	
	» 51-2	100	brun-rouge foncé H 23	66,5	22,5	8,5	2,5	0,2	0,48	0,66	0,19	0,46	1,8	13	0,14	1,4	0,96	13,3	9,6	0,5	1,2	
	» 51-3	450	brun-rouge foncé H 23	57	25,5	15	2,5	0,1	2,03	2,0	0,15	0,46	4,6	16	0,29	0,98	0,22	5,4	6,8	0,44	1,31	
	» 51-4	800	brun-rouge E 44	39,5	23,5	28,5	8,5	negl	2,51	2,13	0,30	0,69	5,6	16	0,35	0,85	0,27	4,9	4,5	0,59	1,37	
» 51-5	950	rouge-jaune H 36	35,5	22	29	13,5	1,3	2,67	1,86	0,45	0,69	5,6	16	0,35	0,69	0,26	5,3	4,8	0,72	1,15		
<i>Terre rouge rajeunie</i>	AD <sup>53</sup> 41-1	20	brun D 62	46	28,5	18,5	7	2,4	1,8	0,6	0,6	0,6	3,6	28	0,13	0,33	0,33	4,3	8,5	1,29	1,26	
<i>Sol sur socle</i>	AD <sup>56</sup> 9-1	20-40	Jaune rouge D 56	65,5	15	11	8,5	5,2	1,33	0,5	0,37	0,20	2,4	17	0,14	0,38	0,15	12,3	9,6	3,28	1,03	



Pour la sélection des herbes, ce qui sort du cadre de nos travaux, les Services de l'Elevage ont déjà longuement étudié ce problème qui, peut-être, trouvera sa solution dans une méthode d'enfouissement régulier des hautes herbes.

## V. — LES CUIRASSES

Elles sont de nature variée mais semblent toujours liées aux terres rouges et au basalte ancien ; nous les énumérerons brièvement :

### Cuirasses ferrugineuses

Cuirasses de nappe, pisolithiques ou scoriacées, visibles sur certaines pentes ou certains talwegs, rarement superposées.

Dalles ferrugineuses ou « bové » coiffant certaines hauteurs.

Cuirasses de contact formées par le dépôt dans les arènes granitiques des hydroxydes ferrugineux issus des terres rouges sus-jacentes. Ce type de cuirasse ne peut évidemment se former qu'avec la disparition du recouvrement basaltique qui sépare les terres rouges du socle, mais c'est ici très fréquent.

De nombreux bovés doivent être d'anciennes cuirasses de contact patinées après mise à nu.

Cuirasses plus rares, dites « cupulitiques », situées en bordure de dépressions marécageuses et formées par des dépôts successifs en minces couches superposées d'hydroxydes ferrugineux ; la finesse de ces couches fait penser au dessèchement d'hydroxydes isolés par les ferro-bactéries.

### Cuirasses ferrallitiques

Cuirasses issues du basalte ancien, directement ferruginisé dans la masse, avec départ secondaire du fer et accumulation de l'alumine sous forme d'oolithes blanches (route des Travaux Publics au nord de Ngaoundéré et débris isolés sur les pistes de brousse).

Cuirasses latéritiques, lessivées, d'où le fer est parti avec, ici aussi, accumulation de l'alumine sous forme d'oolithes puis de pisolithes, qui fusionnent dans les cas extrêmes pour donner une bauxite.

Ces bauxites n'existent pas sur notre carte faute de l'existence d'une cuirasse ancienne assez importante, mais on les rencontre sur la route de Tibati dans la descente sur Minim, formant des noyaux isolés, elles sont malheureusement inexploitable.

#### BIBLIOGRAPHIE PÉDOLOGIQUE CONCERNANT LA RÉGION DE NGAOUNDÉRÉ

- P. NELLYS. — Rapport de tournée dans l'Adamaoua. Recherche de zones de colonisation d'une ferme-pilote.  
 G. BACHELIER. — Ngaoundéré (Plaine de la Vina, Marais du Marbouille, Marais du km 15, Verger des Services de l'Agriculture), août 1952.  
 A. LAPLANTE, G. BACHELIER. — Introduction à la Pédologie de l'Adamaoua. Carte au 1/25.000<sup>e</sup>, juillet 1953.  
 G. BACHELIER. — Adamaoua 1954 (en 3 fascicules) :  
   fascicule 1 : Etude pédologique de la plaine de la Vina, septembre 1954.  
   fascicule 3 : Etudes pédologiques diverses dans la région de Ngaoundéré et de Meiganga, octobre 1954.  
 G. BACHELIER. — Adamaoua 1955 (en 3 fascicules), juillet 1955.  
   fascicule 1 : Esquisse pédologique au 1/50.000<sup>e</sup> sur la réserve forestière de Ngaoundéré.  
   fascicule 2 : Etude pédologique de la zone des maraichages de la Vina.

#### PUBLICATIONS

- A. LAPLANTE, G. BACHELIER. — Les principaux sols formés sur roches volcaniques au Cameroun. Observations sur leur fertilité et leur exploitation agricole. Deuxième Conférence interafricaine des Sols.  
 G. BACHELIER, A. LAPLANTE. — Sur l'origine et la formation des cuirasses dites latéritiques dans l'Adamaoua. *C. R. Ac. Sc.*, t. 237, pp. 1277-9.  
 A. LAPLANTE et G. BACHELIER. — Un processus pédologique de la formation des cuirasses latéritiques dans l'Adamaoua. *Revue de Géomorphologie dynamique*, 5, septembre-octobre 1954, p. 214-9.

ANNEXE  
RENSEIGNEMENTS SUR LES LAHORÉS

(en mg par litre)								
Lahorés	Ca	Mg	K	Na	P	Cl	SO <sup>4</sup>	
Wakwa .....	286	199	30	696	traces	1.060	0	Analyse Mines
Wouldé .....	36	17,4	traces	300	»	24,25	16	»
Baoua .....	53,7	88,5	60,7	91,5	»	35,5	0	Analyse IRCAM.
Sai Houri .....	3,7	traces	2	102	»	36,4	0	»
Katine Foulbé ...	156	67,5	8	92	»	17,6	0	»
(en g pour 1000 g)								
Echantillon natron.	0,7	traces	2,2	220	traces	bicarbonates et chlorures de sodium		Analyse IRCAM.

Lahoré Wakwa : Dégagement CO<sup>2</sup>, goût salé.

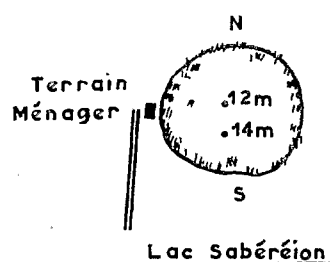
Lahoré Wouldé : Eau à 40°.

Lahoré Baoua : Dégagement CO<sup>2</sup>, goût légèrement salé.

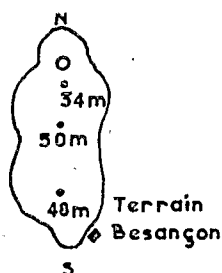
Lahoré Sai Houri : Dégagement CO<sup>2</sup> faible, goût salé.

Lahoré Katine Foulbé : eau à 36°, dégagement SH<sub>2</sub>, goût pas salé.

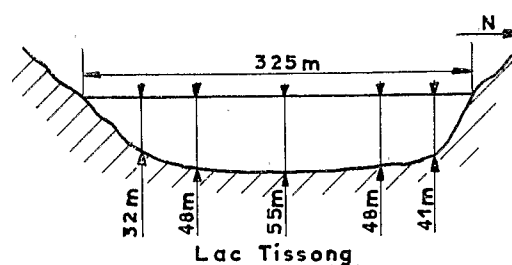
RENSEIGNEMENTS SUR LES LACS DE CRATÈRE



(Sondages G. Bachelier)



Lac Lao Mboro



(D'après sondages Liol. Ngaoundéré)

Lac Daba (terrain Legal du Tertre), non sondé mais peu profond étant donné la pente du marais qui le prolonge.

Lac N'Dem certainement dans les 50 m vers l'a pic granitique mais non sondé.

EXPRESSION DES RÉSULTATS

Tous les résultats, sauf le gravier, se rapportent à une terre tamisée au tamis de 2 mm et séchée à 105° :

*Analyses mécaniques*

A = Argile .....	< 0,002 mm	} en % de la terre tamisée.
L = Limon .....	de 0,002 à 0,02 mm	
Sf = Sable-fin .....	de 0,02 à 0,2 mm	
Sgr = Sable grossier .....	de 0,2 à 2 mm	
Gr = Gravier .....	de 2 à 20 mm : en % de la terre totale.	

*Eléments échangeables*

Cations fixés sur les micelles argilo-humiques et susceptibles d'être « échangés » contre d'autres cations : CaO, MgO, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O en milliéquivalents pour 100 g de terre.

S = bases échangeables totales en milliéquivalents pour 100 g de terre (M. E. % g).

Pour mémoire : 1 M. E. CaO = 0,028 g

1 M. E. MgO = 0,020 g

1 M. E. K<sub>2</sub>O = 0,047 g

1 M. E. Na<sub>2</sub>O = 0,031 g

T = capacité de saturation en bases échangeables en M. E. pour 100 g de terre.

Rapport  $\frac{S}{T}$  = degré de saturation du sol en bases échangeables.

*Eléments assimilables*P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en ‰.*Eléments totaux*

Quartz + insolubles, SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO, TiO<sub>2</sub>, en g %.  
CaO, MgO, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en milliéquivalents pour 100 g de terre.

*Réserve minérale*

Bases totales — bases échangeables.

*Azote et matières organiques*

N = Azote total en g ‰.

C = Carbone en g %.

Rapport  $\frac{C}{N}$  indiquant la qualité de la matière organique.

M. O. = Matières organiques en g %.

Humus en g ‰.

pH.

 $\frac{Mg}{Ca}$  et  $\frac{Na}{Ca}$  (rapports calculés à partir des bases échangeables converties en milliéquivalents.)

## MÉTHODES D'ANALYSE EMPLOYÉES

*Analyses mécaniques*

Réalisées par dispersion au pyrophosphate de sodium et prélèvements à la pipette Robinson.

*Eléments échangeables*

Extraits par lessivage à l'acétate d'ammonium neutre N.

CaO, MgO, K<sub>2</sub>O et Na<sub>2</sub>O dosés par photométrie de flamme à Bondy (France).

S calculé à partir des bases échangeables converties en M. E. %.

T obtenu par lessivage à l'acétate d'ammonium N, rinçage à l'alcool, déplacement au ClNa et dosage de l'azote par le procédé Kjeldhal.

*Eléments assimilables*P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dosé par la méthode citrique.*Eléments totaux*SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO et TiO<sub>2</sub> dosés après attaque aux trois acides.CaO, MgO, K<sub>2</sub>O et Na<sub>2</sub>O mis en solution par attaque à chaud à l'acide nitrique.

CaO dosé par les complexons.

MgO, K<sub>2</sub>O et Na<sub>2</sub>O dosés par spectrographie de flamme à l'IRCAM (Yaoundé).P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dosé par la méthode de Lorentz.*Azote et matières organiques*

Carbone : obtenu par attaque au bichromate en milieu sulfurique et dosage au sel de Mohr en présence de diphenyl-amine.

Azote : obtenu par la méthode Kjeldahl, catalyseur de Pregl.

Matières organiques (M. O.). M. O. % = C % × 1,724.

Humus par méthode Chaminade : extraction à l'oxalate d'ammonium 3 % et dosage manganométrique.

*pH*

Relevé au potentiométrique pH mètre.

**RÉSUMÉ.** — Cette étude pédologique a été entreprise dans le but de déterminer la vocation agricole, d'élevage ou forestière des terres d'altitude, formées dans la zone de volcanisme récent située au sud-est de Ngaoundéré au Cameroun.

Le matériau parental est déterminant, c'est soit du basalte récent et du basalte sub récent, soit du basalte ancien, soit du granit.

Après une étude d'ensemble géologique, hydrographique, climatologique, phytogéographique et économique du pays, l'A. entreprend la description des sols.



Les meilleurs sont les sols foncés formés sur les produits du volcanisme récent. Ils présentent une certaine richesse chimique. Malheureusement ils ne peuvent pas être cultivés en saison sèche, et leurs possibilités d'irrigation sont rares.

Les sols brun-rouge à rouges formés sur les basaltes anciens sont très homogènes. Leur vocation semble être uniquement forestière. Parfois ils sont rajeunis, les terres constituent alors des îlots de fertilité.

Les sols formés sur granit sont de plusieurs natures. Leur vocation semble être forestière ou pastorale pendant la saison des pluies.

Dans les dépressions se constituent des sols hydromorphes, dont la nature varie suivant le matériau de comblement : sols de décomposition des basaltes ou des granits. Ils peuvent servir de pâturages, surtout après drainage et irrigation.

Deux sortes de cuirasses, les cuirasses ferrugineuses et les cuirasses ferrallitiques, se rencontrent également.

**SUMMARY.** — *The present study has been undertaken in order to find out whether the zone of highland soil, of recent volcanic origin, laying south-west of Ngaoundéré in Cameroon, should be dedicated to agriculture, pasture or forestry.*

*Such determination depends on texture of parent rock, which is either recent basalt, sub-recent basalt, old basalt or granite.*

*Following a general geologic, hydrographic, climatologic, phytogeographic and economic survey of this region, the Author proceeds to describe the soil.*

*The best soils are dark and owe their formation to the products of recent volcanic origin. Their inorganic elements are rather abundant. But cultivation is impossible during the dry season and irrigation is rarely practicable.*

*Brown-red to dark-red soils covering old basalt formations are very homogeneous. Their only destination is forest land. At times, some of these are rehabilitated and constitute fertile arae.*

*Soils laying on granite are of manifold nature. They seem to be destined to become forest land, or pasture during the rain spell.*

*In lower laying land soils are hydromorphous and their nature varies according to underlayer : basalt or granite. They may become pasture land after due drainage and irrigation.*

*One may also observe the presence of ferruginous and ferralytic concretion.*

**RESUMEN.** — *El fin de este estudio pedológico es la determinación de la vocación agrícola, pecuaria o forestal de las tierras altas formadas en la zona de volcanismo reciente situada al sureste de Ngaoundéré en Camerún.*

*Se determina por la roca madre que puede ser basalto reciente, basalto subreciente, basalto antiguo, o granito.*

*Después de un estudio general geológico, hidrográfico, climatológico, fitogeográfico y económico del país, el autor describe los suelos.*

*Los mejores son los suelos pardos formados sobre los productos volcánicos recientes. Tienen bastantes elementos químicos. Pero no pueden cultivarse durante la época seca y la irrigación puede practicarse de rado.*

*Los suelos de color pardo-rojizo a rojo oscuro formados sobre los basaltes antiguos son muy homogéneos. Su vocación parece únicamente forestal. A veces están rejuvenecidos, y constituyen entonces áreas fértiles.*

*Los suelos formados sobre granito tienen varias naturas. Su vocación parece forestal o pastoral durante la época lluviosa.*

*En las depresiones se constituyen suelos hydromorfos cuya natura varia según el material que cubren : basalto o granito. Pueden volverse pastos, sobre todo después de drenados e irrigados.*

*Pueden encontrarse piedras ferruginosas y concreciones ferralíticas.*



**L'AGRONOMIE  
TROPICALE**

Extrait du n° 5  
Septembre-Octobre 1957

**ÉTUDE PÉDOLOGIQUE  
DE LA ZONE DU VOLCANISME RÉCENT  
AU SUD-EST DE NGAOUNDÉRE (Cameroun)**

par

**G. BACHELIER**

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

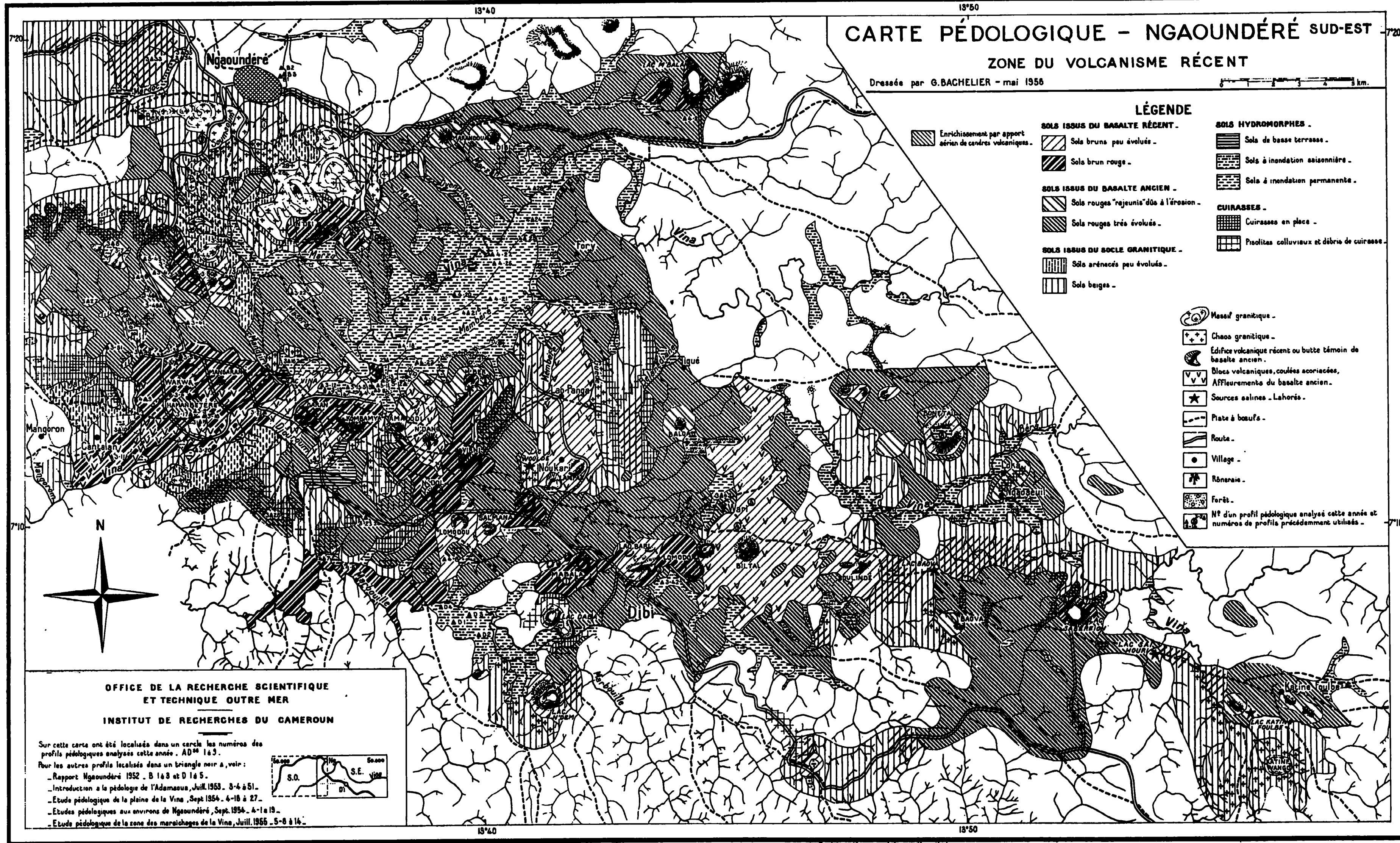
n° 15096 B

91

B 15096

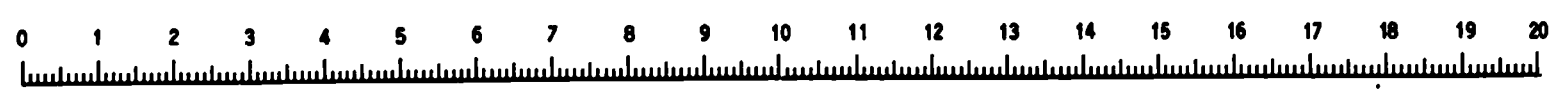
Pédo

N° B



Service Cartographique de l'O.R.S.T.O.M.

Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
 Pour A0 et A1: ABERPFTLJDOCGQUVWMSZXY  
 zsaocmuvnwixrfkhdppqgyjt 7142385690  
 Pour A2A3A4: ABERPFTLJDOCGQUVWMSZXY  
 zsaocmuvnwixrfkhdppqgyjt 7142385690



5AM-T-12  
 N° 66 073 DT