

LES SOLS "HARDE" DU NORD-CAMEROUN
(sols halomorphes, sols lessivés, planosols, sols hydromorphes)
Mise au point bibliographique.

par
M. GAVAUD *

I.- DEFINITION

Hardé est un mot peul signifiant stérile. Il est appliqué par les pédologues les plus anciens (35, 1952) à l'aspect de surface particulier de sols improductifs dans le système agronomique traditionnel : végétation arbustive contractée avec plages nues, érosion aréolaire, surface dure et de couleur claire. Les hardé sont assimilés aux "nagas" du Tchad puis, à la suite des pédologues de ce territoire, leurs sols sont identifiés à des sols à alcalis (22, 1955). Par la suite, hardé désignera un sol ou un horizon durci à l'état sec, compact et/ou alcalisé, l'acception ancienne restant en usage. Ainsi on parlera de sols "légèrement hardés" (23, 1958) à propos de sols paraissant légèrement alcalisés mais ayant un aspect de surface presque normal. A la suite encore de travaux menés au Tchad (BOCQUIER, 1964) des solonetz solodisés (41, 1966) sont découverts parmi les sols hardé. Des solods sont même mentionnés un temps, puis l'on découvre qu'il ne s'agit que d'une convergence morphologique de sols lessivés (39, 1967). L'organisation d'une grande partie des sols hardés restera cependant insuffisamment décrite et peu comprise ; elle sera attribuée, avec plus ou moins de bonheur, à des sols gris subdésertiques (3, 1961), à des sols peu évolués à faciès halomorphe (15, 1963), à des planosols (43, 1968). Dans les travaux les plus récents (29, 1971) hardé n'est plus employé que dans son sens primitif d'aspect de surface particulier à certains sols improductifs. Donc selon l'époque ce mot a désigné :

- l'aspect décapé et aride d'un sol stérile ;
- ce sol stérile lui-même ;
- un horizon alcalisé, compact et dur en sec ;
- divers sols à alcalis ;
- des sols lessivés et planiques.

II.- FACTEURS DE FORMATION

Le complexe énuméré ci-dessus peut être considéré comme une espèce d'unité naturelle parce que ses divers éléments sont généralement associés ou juxtaposés sur le terrain et correspondant à des facteurs de formation semblables ou au moins homologues.

A peu près toutes les variétés de hardé ont été observées dans le Nord-Cameroun (pluviosité 550-900 mm de pluies) avec l'aspect de surface caractéristique. Plus au sud, leur importance relative diminue, en même temps que leur apparence superficielle devient plus normale (47, 1971). Ce sont alors surtout des sols lessivés et/ou planiques hydromorphes qui peuvent leur être rapportés (39, 1967), encore que d'authentiques sols halomorphes, associés aux précédents, aient été décrits pour des pluviosités aussi fortes que 1 400 mm (47, 1971).

Ce complexe a d'abord été identifié dans les alluvions anciennes de la cuvette lacustre tchadienne, puis sur le socle granito-gneissique au nord, sur des grès arkosiques enfin au sud dans le bassin de la Bénoué.

On remarqua très tôt (16, 1953 et 21, 1954) sa localisation sur des pentes très faibles en bordure des zones d'inondation, d'où l'idée d'attribuer l'alcalisation à la remontée d'une nappe salée (22, 1955), à la concentration du sodium par évapotranspiration, l'origine lointaine des sels étant les altérites des roches du bassin (24, 1959). Cette situation a même été décrite à propos de buttes artificielles (29, 1960). Sa généralité a été réputée être d'essence climatique (13, 1957). Cependant si la faiblesse des pentes et une certaine hydromorphie d'hivernage paraissent générales, l'alcalisation par la nappe s. s. est très vraisemblablement exceptionnelle.

Les spécifications quant au matériau sont tardives : ce sont des argiles sableuses, à capacité d'échange relativement élevée, à taux de Na, Mg, Ca importants (28, 1960), contenant une certaine proportion d'argiles expansives ferrifères (39, 1967), issues plus ou moins directement de roches plagioclasiques calco-sodiques (43, 1968 - 46, 1971). Les textures varient de sablo-argileuses à argilo-sableuses. Les matériaux sableux, plus rares, ont été signalés dans la cuvette tchadienne (22, 1954). On a suggéré à titre d'hypothèse que le rapport Na/Ca du matériau ou de la roche déterminait directement le sol : vertisol, sol à alcalis, sol hydromorphe lessivé, intergrades divers (38, 1968). Dans le même ordre d'idées on a relié la présence sporadique de sols à alcalis à celle de faciès alcalins de roches feldspathiques (47, 1971).

Le plus souvent l'érosion est considérée comme une conséquence de la pédogenèse, de la dénudation due à la compaction par alcalisation (13, 1957 - 12, 1962). Cet enchaînement s'inverserait à la suite de phénomènes d'érosion plus ou moins directement déclenchés par l'homme. Les horizons argilés dénudés prennent un aspect et un chimisme solonetziques dans des secteurs très ravinés de la Bénoué (46, 1971). L'apparition de l'aspect "hardé" à la suite de cultures, par fossilisation du profil sous des sables compacts et/ou par alcalisation superficielle a été signalée (37, 1960 et 3, 1961).

L'effet direct de la végétation n'a été qu'exceptionnellement envisagé (36, 1965). Elle est réputée spécifique plus par sa physionomie que par sa composition floristique, encore que des formations bien définies aient été décrites çà et là (à Lannéa notamment, 1953, 15 et 16). Les épineux à affinités sahéliennes y dominent.

III.- CARACTERISATION

Les sols hardé n'ont été que tardivement et incomplètement diagnostiqués ; aussi le recoulement ci-dessous est-il largement incertain, surtout pour les descriptions les plus anciennes.

A.- Vertisols alcalisés

Nombre de vertisols de la cuvette tchadienne, généralement hydromorphes, possèdent des horizons profonds à taux de sodium et à pH élevés (21, 1954 - 17, 1963 - 8, 1964 - 29, 1971). Ils n'ont pas l'aspect de surface "hardé" ni le comportement physique de sols à alcalis (29, 1971). Les vertisols alcalisés existent également dans le bassin de la Bénoué (46, 1971).

Il existerait des possibilités de transformation des vertisols en sols à alcalis stériles et plus ou moins planiques. Ce processus, souvent d'origine anthropique, a été décrit comme une alcalisation suivant la mise en culture (3, 1961), comme une stérilisation due à un "recouvrement" sableux peu épais (4 et 5, 1954), lui-même parfois alcalin (1, 1957). Il est étudié à l'échelle de l'année par J. VAILLE (IRAT, MAROUA). Il est admis, à l'échelle de la sédimentation fluviatile cette fois, comme origine possible de sols à morphologie de solonetz solodisés de la vallée de la Bénoué (39, 1967).

B.- Sols à alcalis non lessivés et sols à alcalis non diagnostiqués

Ce sont des profils sombres, sans variations texturales décrites, à structures massives (?), fortement cohérents en saison sèche, dispersés en boue fluide en saison des pluies (9 et 13, 1957 - 24, 1959 - 25, 1965), à quartz non vêtus (9, 1957). pH et rapport Na/Ca sont élevés, parfois dès la surface (13, 1957), ces caractéristiques étant par ailleurs indépendantes de la tendance à la dispersion (25, 1965). Une partie des "sols gris" paraît pouvoir être rapportée à ce type (29, 1971).

C.- Solonetz, solonetz solodisés

Les descriptions claires de solonetz (avec ou sans colonnes), de solonetz solodisés sont récentes (36, 1965 - 41, 1966 - 29, 1971 - 46, 1971). Dans les descriptions anciennes, compte-tenu de quelques vérifications sur le terrain, on pense reconnaître des solonetz dans des "sables reposant sur des argiles compactées", des sols à horizon supérieur dur reposant sur un substrat argileux et compact à taches noires et nodules calcaires (21, 1954), certains sols gris des glacis péri-tchadiens sur socle (Njenana, 3, 1961). Des solonetz solodisés transparaissent dans les "sols à alcalis sur sables" (22, 1954), dans les "sols complexes" (26 et 18, 1960) du remblai alluvial de la cuvette tchadienne : à la base de l'épipédon sableux ils montrent des "lits" de sables blancs pulvérulents coiffant des horizons massifs fortement alcalisés.

Le désaccord si fréquent entre le chimisme et la morphologie des solonetz et solonetz solodisés est particulièrement important dans la vallée de la Bénoué où des profils semblables à ceux de solod sont associés à des pH neutres sur l'ensemble du profil et à l'absence de taux élevés de sodium (40, 1968)

D.- Sols lessivés, sols lessivés et hydromorphes, sols à argile dégradée sols planiques.

Une partie des sols gris de la cuvette tchadienne (Doutarou, 3, 1961) associés à des hardés stériles, sont décrits comme des sols bruns, lessivés, légèrement acides, à argiles 2/1. Ils peuvent présenter des aspects planiques. Il leur correspond au sud les "sols hydromorphes lithomorphes" (38, 1968) qui représentent un pôle d'organisation semblable et apparemment très important. Dans ces derniers l'épipédon lessivé est fortement hydromorphe et remanié par les vers. Comme les sols gris, ils sont associés à des solonetz solodisés, à des sols vertiques. Dans les mêmes régions méridionales, la décoloration très prononcée de l'épipédon (lessivage ou autolyse des argiles) mène aux sols à horizon blanchi à apparence de solod précités (39, 1967 et 40, 1968).

E.- Pseudo-sols sodiques (46, 1971).

La dénudation d'horizon B ou BC argilisés de sols ferrugineux, produit, par fissuration prismatique, concentration superficielle du sodium échangeable, des sols à colonettes de teintes rougeâtres à pH légèrement alcalins, classés en sols peu évolués ou en intergrade sol ferrugineux - sol rouge tropical.

IV.- CHAINES ET ASSOCIATIONS

Les travaux anciens situent les hardés en amont de sols hydromorphes (16, 1953), souvent vertiques. Ils attribuent au hasard la répartition de l'aspect hardé dans les ensembles de sols gris (12, 1962), ainsi que celle de l'alcalisation chimique dans les ensembles à morphologie hardé (22, 1955). Plus récemment les diverses variantes de hardés (solonetz, solonetz solodisés) paraissent échapper encore à une répartition bien définie (36, 1965).

L'apparition sporadique de solonetz à la base de pentes à sols lessivés, hydromorphes "lithomorphes", a été attribuée au chimisme de la roche (38, 1968) encore que des observations très récentes donneraient plus de généralité à cette observation (GUYS, 1971, inédit).

La description de sols halomorphes, ou à morphologie planique, dans des séquences dont les extrêmes sont des sols ferrugineux en amont et des sols hydromorphes ou des vertisols en aval, est fréquente (43, 1968 et 29, 1971) au point que certains de ces sols planiques ont pu être considérés comme des stades juvéniles de la pédogenèse à sols ferrugineux (40, 1968), hypothèse que l'on peut pressentir dès 1963 (15).

Donc, à l'échelle du glacis, les hardés paraissent se localiser immédiatement en amont de sols hydromorphes ou vertiques, en aval de sols ferrugineux, ces derniers pouvant être remplacés par des sols lessivés d'un type particulier (hydromorphes lithomorphes, planosols) en tout ou partie. Les clefs de la répartition des hardés à une échelle plus fine, celle des phases à argiles expansives, sont, au Cameroun, inconnues.

V.- PEDOGENESE

Il n'y a guère d'indications précises concernant le mode d'altération en dehors de la mention du couple : amont arénacé à argiles 1/1 et aval argilisé à argiles 2/1 (37, 1968).

Sitôt connue, l'alcalisation a été attribuée, dans la cuvette tchadienne, à des remontées de nappe (11, 1957), à une évaporation intense (19, 1963) et tenue pour un fait d'essence climatique (13, 1957). Un confinement local, suivant des migrations latérales, produirait la concentration du sodium,

L'alcalisation provoquerait la compaction, la stérilisation des horizons hardés (14, 1955) par imperméabilisation (12, 1962) ; cette dernière renforcerait l'hydromorphie du profil plutôt qu'elle ne la déclencherait (37, 1968). L'érosion en surface est également une conséquence de ce processus (12, 1961). La dénudation superficielle des horizons hardé favoriserait ensuite la formation de structures prismatiques et la solodisation (36, 1965), mécanisme qui se manifesterait également après la dénudation d'horizon argileux B ou BC de type ferrugineux (46, 1971). De plus le profil planique, et/ou alcalisé, est à l'origine d'une érosion endogée d'un type particulier, au contact et en amont des réseaux de ravines, voire des fentes de sous-solage (36, 1965 et même auteur, inédit). En retour ces drains incisés provoquent le développement de structures par accroissement de la dessiccation.

Un déroulement inverse de ces mécanismes a été proposé à la suite d'une érosion anthropique (37, 1960) : la destruction de la structure en surface accroîtrait les remontées capillaires et l'alcalisation (37, 1960). Cette concentration très superficielle du sodium a été observée également dans les sols jeunes, arénacés ou graveleux (33, 1964).

On a également proposé une phase d'érosion de type "sub-aride" pour expliquer les discontinuités texturales des hardés du Nord-Cameroun (19, 1963).

L'opinion qui tient l'hydromorphie comme un processus primaire, déjà notée ci-dessus pour les sols septentrionaux, est fortement appuyée en ce qui concerne les sols du bassin de la Bénoué (38, 1968 et 47, 1971). Elle provoque une argilisation assez profonde des roches feldspathiques, les horizons argilisés "piégeant" le sodium localement libéré en abondance par des faciès particulièrement alcalins.

On a parfois pensé à la silice colloïdale, dosée ou supposée pour expliquer le durcissement des horizons de hardé (24, 1959 et 28, 1960). De l'opale figurée a été observée dans des sols hydromorphes à pH alcalin (15, 1963).

Récemment l'accent a été mis sur ce durcissement et cette imperméabilisation qui "figeraient" l'évolution du profil, dont l'état actuel combinerait des traits fossiles (horizons hydromorphes, structures potentielles) et des traits contemporains (solodisation) (36, 1965).

La formation des concentrations de carbonates peu solubles n'a pas été étudiée non plus que les sels solubles n'ont été recherchés ni analysés. Les indications quant à leur genèse sont peu précises et incertaines (24, 1959).

Les épipédons sableux, surtout planiques (1, 1957), ont été longtemps attribués à des "recouvrements" sableux (6, 1957 - 12, 1962 - 15, 1963). Certains apports paraissent indubitables, sables colluviaux ou proluviaux recouvrant des argiles et leur conférant l'aspect hardé (4 et 5, 1954 - 16, 1953), sables dunaires ayant envahi des dépressions. Mais dans leur ensemble les horizons plus sableux seraient dus à un ensemble de processus et mécanismes pédogénétiques interdépendants : lessivage, lessivage préférentiel de certaines espèces minérales (40, 1968), lessivage latéral (1, 1957), dégradation des argiles en milieu sodique (36, 1965), "autolyse" des argiles en milieu désaturé (40, 1968), érosion superficielle et sélective. Il est intéressant de constater que les variations d'humidité brutales dont ces sols sont probablement le siège, ont été considérées comme un moteur du lessivage (38, 1968) alors qu'elles sont la cause directe de la "ferrolyse" (R. BRINKMAN, Geoderma, vol. 3, n° 3, Fev. 1970). Les pédologues camerounais subordonnent généralement les dégradations argileuses à la translocation texturale (39, 1967 - 38, 1968), les premières apparaissant plus tardivement (36, 1965).

VI - UTILISATION

Les paysans locaux pressentent la stérilité des hardés avec subtilité (13, 1957). Les tentatives pour passer outre, agricoles (32, 1964) ou forestières (17, 1963), ont été des échecs, jusqu'aux essais de riziculture de l'IRAT (44, 1970) et dans une moindre mesure jusqu'aux sous-solage faits pour le cotonnier (45, 1963). Jusqu'à présent il semble bien que ce sont les mauvaises propriétés physiques de ces sols qui sont en cause.

ANALYSES BIBLIOGRAPHIQUES

I.- CARTE AU 100 000 DE MORA

(1) - CURTIS (M.), MARTIN (D.) - 1957 -

Etude pédologique des villages-pilotes du Margui Wandala - IRCAM, Yaoundé, multigr., 25 p., 4 fig., 4 tabl., cote P. 90.

p. 10 - Sols sableux à sablo-argileux à alcali : horizon A brun gris, S/horizon B gris, SA, très dur, pH 9, Na/Ca = 0,4. Site : plaine alluviale dans la cuvette tchadienne.

p. 19 - Canton Mineo, alluvions de la cuvette à proximité du socle (?); sols à alcalis et sols salés à alcalis ; "plusieurs profils" :

- A avec taches, nodules, S, prism., épais de 15 cm / B brun-jaune, AS, graviers de roche, polyéd., dur et compact, nodules calc., pH de 8,55, Na/Ca = 0,76.

- A gris, S, particulaire, de 5 cm / B brun-gris, AS, polyéd., concrétions noires, Na soluble = 2 méq/100 g.

p. 20 - Argiles noires tropicales à alcalis, anciennes, sur granite : "alternativement des zones où l'horizon argilo-sableux à fentes de retrait apparaît dès la surface et d'autres où il est surmonté d'un horizon sableux de quelques centimètres souvent riche en sodium échangeable ou soluble". Forte érosion en nappe ; buttes à gravillons et nodules calcaires.

p. 23 - Station de Getalé ; aspects planiques : "nous avons des sols sableux en surface, devenant plus argileux en profondeur, soit progressivement (phénomène de lessivage), soit par une transition brusque (recouvrement d'un ancien sol)".

p. 23 - Sols "hardé" (GU II) : brun, S, particul., de 5 cm / brun-gris, SA, taches/brun-pâle, concrét. jaunes à rouille, SA, concr. noires, fissures.

Note : des mesures physiques (porosité, humidités) dans les tableaux.

(2) - MARTIN (D.) - 1960 -

Etude pédologique du poste de paysannat de Mokio - IRCAM, Yaoundé, multigr., 16 p., 1 fig., 1 carte au 10 000 noir, cote P. 113.

p. 116 - Sols à alcalis "hardé", sur plaine de piedmont : horizon A brun-gris, SA, nucif., /gris-brun, polyèdr., cohér./gris-brun, nodul. calc., AS, massif, cohésion forte/jaune pâle, nod. calc., AS, cohésion forte, pH de 9,6.

(3) - MARTIN (D.) - 1961 -

Carte pédologique du Nord-Cameroun au 1/100 000, feuille MORA - IRCAM, Yaoundé, multigr., 97 p., 7 fig., bibl., carte au 100 000 couleur, cote P. 119.

p. 121 - Sols gris subarides. Dans la cuvette tchadienne, série de Doutarou, non alcalisée : A gris-brun, S, particul., de 20 cm/ gris-brun clair, taches, SA/gris, taches noires, SA, nuciforme. Série de Ardori, à "horizon de profondeur sablo-argileux et souvent hardé" : A gris, S, polyédr. / gris clair, SA, polyédr., cohésion très forte, à conc. noires ou brun-jaune, nodules calc., SA, polyédr., coh. très forte, pH de plus de 9, Na/Ca pouvant atteindre 0,5.

p. 121 - Sols gris subarides sur gneiss, série de Njenana : horizon A brun-gris, nod. calc. petits, SA, polyédr./gris-brun, AS, nod. calc. et conc. noires, AS, polyédr., cohésion forte à très forte, pH maximum de 9,6.

p. 142 : Sols "calcimorphes", série de Kolofata (vertisols topo-lithomorphes sur gneiss : brun-gris, à nodules calcaires) : "noter les pH très élevés (9,4) dans un Karal mis récemment en jachère, vraisemblablement en raison de l'épuisement du sol. L'épuisement se traduit dans ces sols argileux par une forte augmentation du pH et le rapport Na/Ca n'est cependant passé que de 0,05 en sol normal à 0,12 en sol épuisé".

p. 146 : Sols calcimorphes, série de Tagawa, sur alluvions (topomorphe) : "un seul échantillon atteint pH 9,4 en relation avec une conductivité de 70 micromhos/cm, un rapport Na/Ca de 0,2".

p. 154 - Sols halomorphes : série Tikré, sur alluvions : horizon de sables particulières de 2 cm / brun-gris, concr. noires, SA, polyédr., cohés. forte pH de 6,2 à 7,8 / gris clair, concr. noires et amas calc., SA, polyédr., cohés. très forte, pH de 8 à 9, Na/Ca de 0,2-0,5. ou bien 5 cm de sables / gris brun, taches, SA, cubique / gris, taches, fondu, cohésion très forte.

II - CARTE AU 100 000 DE MOKOLO

(4) - CURTIS (M.) - 1954 -

Prospection pédologique de la vallée du Mayo Louti. IRCAM, Yaoundé, multigr., 10 p., 1 fig., 1 tabl., cote p. 45.

p. 3 - "Argiles à concrétions calcaires des Karals", ou plaines argileuses sur gneiss et roches vertes : "par endroits ces argiles sont recouvertes d'une couche de sables de quelques centimètres. Cet ensemble forme un sol stérile, le hardé, recouvert d'une végétation très claire de Lannes sp. Balanites aegytiaca, Acacia hebeclooides, Combretum sp. Certaines zones sont absolument nues".

(5) - CURTIS (M.), CLAISSE (G.), COMBEAU (A.) - 1954 -

Observations complémentaires dans la vallée du Mayo Louti. IRCAM, Yaoundé, multigr., 4 p., 1 fig., 2 tabl., cote P. 53.

p. 2 - "Argiles à nodules calcaires. Dans cette vallée nous rattachons à ces karals des zones généralement petites présentant un aspect de hardé... ici ces hardés se présentent sur un sol argileux recouvert d'une couche de sables de quelques cm".

(6) - MARTIN (D.) - 1960 -

Etude pédologique de la station agricole de Getale. IRCAM, Yaoundé, multigr., 13 p., 1 fig., 1 carte noir au 10 000, cote P. 114.

p. 131 - Sols sableux sur horizon sablo-argileux à argilo-sableux : horizon A gris brun : Sf, peu structuré /// ligne de sable blanc /// brun gris, concr. noires, SA à AS, coché. très forte. "Le sodium n'est jamais dosable dans l'horizon de surface mais l'est toujours dans l'horizon de profondeur ; le rapport Na/Ca est toujours inférieur à 0,12 sauf dans un échantillon franchement salin (Na/Ca de 0,31). Cette tendance à l'excès de sodium échangeable de l'horizon de profondeur va accentuer l'imperméabilité du sous-sol et le mauvais drainage". On relève pH 8,8 dans l'horizon à excès de Na.

(7) - SEGALEN (P.), VALLERIE (M.) - 1963 -

Carte pédologique du Nord-Cameroun au 100 000, feuille MOKOLO. IRCAM, Yaoundé, multigr., 72 p., 4 fig., 1 carte 100 000 couleur, biblio., II réf., cote p. 129.

p. 40 - Sols tendant vers les sols halomorphes, sols gris. Série Njenana, sur gneiss : horizon A brun-gris, limoneux, massif, de 15 cm / brun gris, taches rouille, SA, massif, cohésion très forte, compact, concr. noires ; pH 6,6 en surface, 6,9 en prof., Na = 0,7.

p. 53 - Sols halomorphes, en sites plats, peuplements arbustifs à *Lanea humilis* : gris brun, Sf à limoneux, massif, de 10 cm / jaune pâle, sables hétérométriques limoneux, massif, cohésion très forte, pH 9,6.

(8) - VALLERIE (M.) - 1964 -

Etudes pédologiques dans le Margui-Wandala (périmètre Matakam). ORSTCM, IRCAM, Yaoundé, multigr., 30 p., 2 fig., 14 minutes au 50 000 noir, bibl. 13 réf., annexe terminologie, cote P. 138.

p. 26 - Sols à nodules calcaires hydromorphes : horizon A brun gris, A, nucif., polyédr., fissuré / gris, AS, massif, nod. calc. / gris clair, AS, massif, cohés. moyenne, compact, nod. calc., pH 8 à 9.

IV - CARTE AU 100 000 DE MAROUA

(9) - BACHELIER (G.) - 1957 -

Reconnaissance pédologique de deux terrains situés au Sud de Maroua. IRCAM, Yaoundé, multigr., 4 p., 3 tabl., 1 carte au 20 000, cote p. 83.

p. 18 : Sol hardé, sodique, très dur : horizon A brun pâle, / gris brun, concr. calc., AS à SA, argile dispersée, quartz non vêtus, polyédr., boueux en saison des pluies. Vieux matériau d'apport.

(10) - CURIS (M.), MARTIN (D.) - 1957 -

Etude pédologique des villages pilotes du Diamaré. IRCAM, Yaoundé, multigr., 29 p., 4 tabl., 2 cartes au 50 000, cote p. 91.

p. 11 - Sols à alcalis sur alluvions anciennes de la Tsanaga, en bordure des dépressions, à végétation caractéristique. "D'après les photos aériennes on observe souvent des hardés dans les zones de divagation d'anciens mayos" : horizon A gris brun clair, Sf, particulière / brun pâle, S, taches, très dur, Na/Ca de 0,4, Na soluble inf. à 1 méq., pH 7,8 au plus ; moins de 20 % d'argile.

p. 27 - Sols à alcalis sur alluvions de la cuvette, en zones inondées ou sur leurs bordures : horizon A gris, taché, S, de 5-25 cm / gris brun, SA, très dur et compact, Na/Ca = 0,44 mais pH acide par "déficit de calcium".

p. 28 - Sols sableux à nodules calcaires de bordure de dépression ; pH de 8,3 en surface mais non sodique.

(11) - MARTIN (D.) - 1958 -

Etude pédologique de la station agricole de Djarengol (Maroua). IRCAM, multigr. 11 p., 1 tabl., 1 carte au 20 000 noir, cote P. 97.

p. 8 - Sols légèrement salins et salés ; localisation indépendante de la granulométrie, due à la "remontée en surface d'une nappe salée peu profonde et localisée". : horizon A brun-gris, Sfa, polyédr., de 25 cm / poches particulières, Sg/ brun gris, taches rouille, Sfa/ brun gris foncé, As avec poches Sg, cohésion forte, pH de 8,8, Na/Ca = 0,2, Na soluble = 1,3 méq. Cu bien horizon A brun foncé, AS, polyédr. avec fissures, de 30 cm / brun gris, taches noires, ASf, polyédr., fissures, pH 7,8, Na/Ca = 0,1, Na soluble = 0,35 méq. L'eau de la nappe : 0,9 méq. Na sur 1,6 méq. Cations et 0,04 méq. SO₄ pour 0,07 méq. anions.

(12) - SEGALEN (P.) - 1962 -

Carte pédologique du Cameroun au 100 000, feuille MAROUA. IRCAM, Yaoundé, multigr., 66 p., 6 fig., bibl. 16 réf., 1 carte d'utilisation au 100 000, 1 carte pédologique couleur au 100 000, cote P. 126.

p. 38 - Les sols gris subarides ; série de Mogoudi, sur pédiments granitiques : horizon A gris, S, massif, de 10 cm / jaune pâle, AS, prism., cohésion très forte, concr. noires / jaune à taches rouille, AS, massif, cohésion forte / à 130 cm gris, SA, massif. On note du "lessivage latéral" et les valeurs suivantes (de haut en bas) : pH de 6,3 - 6,7 / 8,1 - 8,5 et Na/Ca de 0,1/1,5 (parfois). Série de Doutarou, sur alluvions : gris, SA, massif, de 15 cm / gris, SA, massif / gris, concrétions, cohésion forte à 60 cm. pH acide, V = 60-90 %, "taches de hardé" fréquentes.

p. 50 - Les sols halomorphes ou hardé. Erosion par imperméabilisation ; végétation spéciale à Lannes : horizon A brun clair, AS, massif, cohésion très forte, de 35 cm / brun clair, concr. noires, AS, massif, cohésion très forte / gris clair, SA, quartz et feldspath, taches rouilles à 100 cm. "En surface le sable a été décapé par l'érosion". PH de 7-7,5 / 8,5-10,2 (de haut en bas). 1,5 méq de soude, V = 70-90 % (sic), Na = 2-5 méq.

p. 54 - "Une alcalisation plus ou moins poussée menace beaucoup de sols".

IV - CARTE AU 100 000 DE MOUSGOY

(13) - BACHELIER (G.) - 1957 -

Etude pédologique du sous-secteur de modernisation de Mousgoy. IRCAM, Yaoundé, multigr., 16 p., 2 fig., 3 tabl., annexe, cote P. 82.

p. 6 - "Toutefois le sodium est facilement transportable et peut, sous le climat du Nord-Cameroun, s'accumuler localement en rendant stérile certains sols".

p. 8 - Sols sableux hydromorphes : horizon A brun-gris foncé, S arénacé, compact et cohérent, de 5-15 cm / AS, arénacé, structure anguleuse, très dur, pH de 7,9, Na éch. = 4 méq. "Les indigènes m'affirmèrent que ce dernier profil était mauvais alors que le profil 8 (identique sur 20 cm) était bon pour le mil et l'arachide... l'analyse... a confirmé ces dires... en révélant... une nette accumulation sodique avec déséquilibre du rapport Na/Ca échangeables".

p. 12 - Sols stériles ou "hardés" en foubé : sols sodiques à végétation absente sauf quelques euphorbes. En surface un ou deux centimètres "d'un horizon sableux souvent colonisé par un lichen noir, ce qui provoque une desquamation de cet horizon en saison sèche. En dessous, le sol est très dur, plus argileux en profondeur qu'en surface, sableux à argilo-sableux". Concrétions calcaires fréquentes et plus grosses en profondeur. Polyédrique, argile dispersée n'adhérant pas aux quartz. Porosité fine. Boueux en saison des pluies. Le lessivage superficiel du sol forme la pellicule sableuse plus pauvre en bases. Cependant "nous avons noté une accumulation de bases solubles (Ca surtout et Na) secondaire". Na soluble : 3-4 méq/100 g, pH 8,7-9,3, peu organiques. Au laboratoire eau de percolation contenant 0,1 % d'humates solubles.

(14) - CLAISSE (G.) - 1955 -

Etude pédologique du sous-secteur de modernisation de Mousgoy. IRCAM, Yaoundé, multigr., 6 p., 1 carte noir au 10 000, annexe de 6 p., 2 tabl., cote P. 63.

p. 3 - Les hardés : sols stériles impropres à toute culture ; couche sableuse grossière de 10-20 cm en surface ; érosion en nappe ; deuxième horizon excessivement dur et compact, composé également de sable, s'opposant à toute tentative de culture. "Il semblerait que ce compactage soit dû à un excès d'élément sodique". La végétation est très caractéristique avec prédominance de l'Acacia Seyal et d'Euphorbiacées.

(15) SIEFFERMAN (G.), MARTIN (D.) - 1963 -

Carte pédologique du Nord-Cameroun au 100 000, feuille MOUSGOY. IRCAM, Yaoundé, multigr., 102 p., 4 fig., 1 carte couleur au 100 000, 1 carte au 5 000 noir (Larbak), fiches anal., bibl. 15 réf., cote P. 134.

p. 80 - Sols halomorphes peu développés (sols gris).

Série Ouzal : horizon A, S ou SA/ plus argileux, pH 7,5-8,5 et Na/Ca 0,1-0,2 sur granites.

Série Lemas, autour des massifs granito-gneissiques ; savane arborée à Boswellia, Acacia hebecloides, Anogeissus ; horizon A brun gris, As, nucif., fissures, compact/olive, A avec graviers, prism., cohésion forte, concr. Fe/ à 90 cm altération gravel. Parfois du calcaire, très érodible. Pas de lessivage de l'argile. pH : 6,6/8,5 ; Na éch. = 0,9/4,1 méq., Na/Ca = 0,08/0,37. De plus "l'horizon de profondeur se liquéfie littéralement dans l'eau".

Série Boram, sur collines : gris brun, Sfa, nucif., poreux, des vers / olive pâle, ASf, polyédr., dur, conc. noires, / gris brun clair, ASf, compact et très ferme, concrétions noires et petits nodules calcaires. pH 5,9/8,4 Na/Ca jusqu'à 0,4. Parfois même morphologie mais pas de sodium en excès (p. 83, BKL 16).

Série Larbak:interfluves à Lannea humilis, Anogeissus, Boswellia près des thalweg où le profil ne change en rien : brun gris, Sfa, particulière, 15 cm /// olive, AS, prismatique, compact, très dur, concr. noires et nodules calc. / plus massif et compact. pH : acide/8,35 ; Na/Ca : 0,15-0,2.

Parallèle avec les sols ferrugineux hydromorphes de la p. 78 : "il est possible que l'horizon sableux superficiel provienne en partie d'un apport alluvial venant des massifs granitiques situés plus au nord."

p. 87 - Sols hydromorphes, série Modelé : gris foncé, S à SA, polyédr., cohés. faible, taches / gris brun, AS, massif, cohésion forte, concrétions d'opale. pH 6,5/8,9 ; Na/Ca = 0,01/0,47.

V - CARTE AU 100 000 DE KAELE

(16) - CURIS (M. - 1953 -

Prospection pédologique de la région de Kaele. IRCAM, Yaoundé, multigr., 21 p., 7 tabl., 1 carte au 200 000 noir, cote P. 44.

p. 4 - Sur socle, sols argileux à concrétions calcaires : "ces sols sont souvent recouverts de sables sur une épaisseur plus ou moins grande. Un cas particulier est le "hardé" (mot foubé signifiant stérile) formé par une couche sableuse de quelques centimètres au-dessus d'un sol argileux. Ces hardés forment de petits îlots stériles de quelques ares dans les karals. Le sol est souvent nu à part quelques Acacia et Lannea".

p. 7 - Quelques pH de profondeur : 9,5-9,6.

(17) - MARTIN (D.) - 1963 -

Carte pédologique du Nord-Cameroun au 1/100 000, feuille KAELE. IRCAM, Yaoundé, multigr., 101 p., 6 fig., 1 carte au 100 000 couleur, fiches anal., bibl., 20 réf., cote P. 133.

p. 41 - Vertisols peu développés sur glacié, série de Djidoma : gris, SA, polyédr., très poreux / brun-gris, concr. noires, nodul. calc., concr. noires, AS, polyédr., très dur / à 35 cm embréchite altérée.

p. 42 - Localisation de hardé en bordure de mayo où le drainage externe assuré limite l'hydromorphie et l'argilification, où l'érosion limite l'ap-profondissement.

p. 49 - Excès de sodium (Na/Ca de 0,1-0,15) et pH élevés (8,5-8,8) dans les vertisols lithomorphes de la série de Kaele.

p. 72 - Sols halomorphes peu développés (Sols gris).

Série Illir, autour de massifs, végétation de *Lanea* ; gris olive, Sf et Sg argileux, polyédr., dur / olive pâle, Sf et Sg, nodules calc. à la base /// granite altéré olive, AS. pH 7,3 - 7,5/9,3 - 9,6 ; Na soluble ; Na/Ca plus de 1,5.

Série Kadjel sur alluvions anciennes ; *Anogeissus* et *Boswellia* : brun gris foncé, concr. noires, SFA, nucif., poreux, dur, de 35 cm / brun gris, ASf, nucif., concr. / à 70 cm brun gris, concr., parfois nod. calc, ASf, compact, très dur. pH plus de 7 ; Na/Ca 0,1 - 0,15.

Série Ouzal sur alluvions anciennes issues des massifs granitiques ; *Boswellia* : brun gris, SFA, polyédr., peu dur, de 22 cm / jaune pâle, ASf, nucif., poreux / à 46 cm jaune pâle, ASf, concr. noires, pol., compact, dur parfois nodul. calc. pH de 5,7/8,4. Na/Ca de 0,1-0,2.

p. 77 - Sols à alcalis (hardés) ; déjà décrits in (9) ; pH : 8,3-8,7/9,7 ; Na soluble de 0,5-1,5 méq. Na/Ca : 0,1/0,8. Sur ces sols "l'essai de reboisement de Yakang n'a pas été probant".

p. 82 - Association Issore :

KAE 63 : gris, Sf, part., de 20 cm / gris, SFA, massif, très cohérent, conc. brunes / à 100 cm altération feldspathique. Na/Ca = 0,15 et pH = 8,5 en profondeur.

KAE 109 : gris, taches, pol., poreux, de 20 cm / gris clair, SFA, nucif., concr. noires / à 70 cm gris brun clair, SFA, massif, compact, concr./à 150 cm idem plus nodules calcaires. pH supérieur à 8,4 dès 10 cm ; Na/Ca supérieur à 0,2.

p. 86 - Série Djamboura, type à nodules calcaires : brun gris foncé, concr. noires, AS, nucif., de 30 cm / brun olive, concr. noires, nod. calc., A, pol., dur / à 125 cm brun olive, A, compact, dur / à 165 cm, brun olive clair, nodul. et concr., A avec graviers, massif et très dur / cuirasse peu cimentée à 180 cm, mélange de "terre jaune olive, de nodules calcaires, de concrétions ferrugineuses / à 190 cm cuirasse fortement cimentée. pH faiblement acide/9,2 ; taux de Na appréciables.

(18) - PIAS (J.), BACHELIER (G.) - 1952 -

Prospection pédologique de la route définitive Maroua-Kongkong.
Archives Centre ORSTOM de Yaoundé, multigr., 3 p. 1 tabl., 1 carte au 200 000, cote P. 26

p. 2 - Sol argileux noir à concrétions calcaires "karal". Quelques passages de "hardé" (nom vernaculaire foubé désignant des sols où des argiles à concrétions calcaires sont recouvertes par des sables alluviaux).

VI - CARTE AU 100 000 DE KALFOU

(19) - SIEFFERMANN (G.) - 1963 -

Carte pédologique au 100 000 du Nord-Cameroun : feuille KALFOU.
IRCAM, Yaoundé, 65 p. cote P. 131.

p. 18 - Sols peu évolué bien drainés non climatiques sur alluvions anciennes :

Série de Izigila, sous-série sableuse : horizon A brun gris : SA, fondu, de 10 cm / beige, taches, SA / à 80 cm, gris, sablo-graveleux / à 110 cm, brun gris, petites concr. calc., AS à A/ à 170 cm beige, concr. noires et calc., SA. pH 5,5/8,8 et Na/Ca 0,07/0,42.

Série de Gaban, sur gneiss ; "sol gris" peu évolué de zone subaride : horizon A brun foncé, AS, prismat., de 10 cm / gris beige, concr. Fe, A avec grav., prism. / à 60 cm altération. pH de 6,7/7,4 ; Na/Ca : 0,10/0,18.

Série de Torok, sur gneiss, "tronquage de zone subaride" de la série de Gaban : horizon A brun foncé, SA, polyédr. à cubiq., cohés. forte, / gris, AS, fondu, hydromorphe / ocre beige, S graveleux, cohés. très forte. pH 5,4/8,3 ; Na/Ca : 0,1/0,18.

p. 46 - Sols calcimorphes, sur alluvions, série de Lera, sous-série sableuse : horizon A olive, S, taches, cohésion moyenne, de 20 cm/olive, concr. noires, SA. pH 5,8/9,1 ; Na/Ca 0,02/0,11 (dans la sous-série-type : pH : 7/ 8,9.).

p. 61 - Sols halomorphes, sur gneiss, Série de Korre. Sols très durs en saison sèche, boue fluide en saison des pluies. En bordures de dépressions, zones d'évaporation intense : sables purs / horizon A olive, SA, fondu, cohésion très forte / olive, AS, fondu, cohésion très forte ; mycélium calcaire dans tout le profil. pH : 9,6/9,9 ; Na/Ca : 0,2/0,2.

VII.- CARTE AU 100 000 DE YAGONA

(20) - CLAISSÉ (G.), COMBEAU (A.) - 1954 -

Carte de reconnaissance de la région comprise entre la dépression de Fianca et le cours du Logone. IRCAM, Yaoundé, multigr., 3 p., 1 carte noir au 100 000, cote P. 47.

p. 3 - Les hardés des parties exondées sont des zones très planes caractérisées par une végétation d'Acacia Seyal et par une érosion superficielle importante qui décape les quelques centimètres d'horizons humifères. La surface du sol est recouverte de sables grossiers avec gravillons latéritiques identiques à ceux que l'on retrouve sur les rives du Logone. Cependant dans les endroits non ou peu érodés on retrouve un horizon superficiel sableux légèrement compact autour des arbres avec une maigre végétation de graminées.

(21) - COMBEAU (A.), CURIS (M.), CLAISSÉ (G.) - 1954 -

Etude pédologique de la plaine de Kartoa. IRCAM, Yaoundé, multigr., 9 p., 1 annexe, 1 tableau (dont analyse d'un hardé), 1 carte noir au 25 000, cote p. 48.

p. 5 - Les "hardés" ne constituent pas un type de sol bien défini. Le terme local de hardé signifierait stérile. On y note comme caractéristiques la présence presque exclusive d'Acacia seyal et de quelques Balanites et Zizyphus, l'absence totale ou presque totale de végétation herbacée, le décapage par l'érosion des quelques centimètres superficiels de sol correspondant à l'horizon humifère (1 à 5 cm environ), la très grande dureté de l'horizon superficiel et

la structure compacte sur tout le profil, le caractère relativement sableux des horizons supérieurs même sur un substrat très argileux, la stérilité très nette, ... la topographie très plane et la situation en bordure d'une zone d'inondation".

Horizon de Sg blanc, très compact, de 4 cm/horizon A brun, AS, à petites fentes de retrait/ à 40 cm gris, A, fentes, avec taches rouille et noires, nodules calc. à la base / à 130 cm gris, taches rouille, Sf., compact.

Na/Ca : 0,25/0,6/0,4/0,45 (de haut en bas) ; sur 0-40 cm on note : pauvreté en matière organique, carence en Ca et K, pH élevé.

p. 6 - Taux élevés de sodium à la base de sols argileux : horizon A gris noir, A, compact, de 10 cm/ noirâtre, A, compact, fissures larges / à 110 cm jaunâtre, A nodules calc. / à 125 cm gris clair, très S, compact.

(22) - COMBEAU (A.) - 1955 -

Les sols du sous-secteur de modernisation de Golompoui. IRCAM, Yaoundé, multigr., 13 p., 8 tabl., dont répartition verticale de la texture, des bases éch., et concentration des bases près de la surface des sols salés, 1 carte noir au 5 000, cote P. 67.

p. 10 - Les sols à alcalis : ils "correspondent à ceux qui dans les rapports des années précédentes avaient été groupés sous le terme local de "hardé"... Dans leur diversité (ces sols) présentaient certains caractères communs assez constants dont la cause restait indéterminée mais dont la conséquence pratique est une stérilité parfois absolue. Certains travaux récents (Etude pédologique du bassin alluvionnaire du Logone Charé, bassin inférieur du Logone, J. PIAS, 1953) ayant orienté nos analyses, les résultats obtenus ont permis de vérifier les théories selon lesquelles l'unité de ces sols est la conséquence d'un excès de sodium dans le complexe adsorbant. Lorsque le taux de sodium et que le rapport Na/Ca dépassent 15%, l'horizon correspondant devient très compact. Cet horizon peut se trouver à la surface du sol : on a alors le hardé typique dont nous avons noté les principaux caractères (végétation presque exclusivement d'Acacia seyal et de Balanites aegyptiaca, disparition de la végétation herbacée, érosion de la pellicule superficielle et glaçage de la surface de l'horizon immédiatement sous-jacent). Mais l'horizon riche en sodium peut ne pas affleurer à la surface du sol. C'est alors la profondeur à laquelle il apparaît qui déterminera la stérilité ou l'aptitude à certaines cultures. Les hardés typiques n'occupent que de faibles superficies... les sols à horizon sodique profond sont assez répandus. Ils peuvent prendre naissance dans tous les types de sols décrits précédemment mais on les observe toujours à proximité d'une zone inondable, les dépôts de sodium étant évidemment liés à la présence d'une nappe phréatique".

Sols à alcalis sur sables : deux bandes étroites en bordure de dépression, rarement aspect de hardé typique. Horizon sodique le plus souvent en profondeur, immédiatement identifiable par la présence au contact d'un horizon durci et des sables sus-jacents, d'une mince zone sableuse pulvérulente blanche très caractéristique. Il convient de préciser que cet horizon durci peut ne contenir qu'une faible proportion de sodium et que l'horizon sodique proprement dit (Na/Ca plus de 15 %) peut se trouver à grande profondeur : horizon A gris brun clair, plus clair à la base, S et partic., de 55 cm / sable blanc pulvérulent / à 60 cm beige clair, concr. noires concentrées vers 70-80 cm, S, compact / à 150 cm gris, taches jaunâtres, SA, très dur et compact. La compacité est indépendante de la texture ; le pH croît avec Na/Ca. "Signalons un profil complexe à 3 niveaux blanchâtres superposés".

Sols à alcalis sur argiles : gris blanchâtre, S, très compact / gris, AS, prismat., compact / gris sombre, AS, ciment - pH : 5,8/8,4, Na/Ca : 0,08/0,3.

(23) SEGALEN (P.), MARTIN (D.) - 1958 -

Etude pédologique de la plaine du Logone au 1/10 000. Secteur sur Yagoua-Kartoa. IRCAM, Yaoundé, 39 p., multigr., 1 fig., bibl. 9 réf., cote P. 98.

p. 7 - Les sols hydromorphes tachetés, série Akaho : horizon A brun gris, SA, nucif., cohés. moyenne, por. tub., de 20 cm / gris brun, taches rouille, fissures, coh. forte, compact. "Le pH atteint 8,4 en profondeur quand il y a excès de sodium échangeable". Na/Ca atteignant 0,2.

p. 22 - Les sols hydromorphes à nodules calcaires, série Elak : horizon A gris foncé, A prismat., de 70 cm / gris foncé, A, nod. calc., polyédr. / à 150 cm brun gris, A, nodul. calc., plastique / à 320 cm sables gris et argile, nappe à 580 cm. Le pH augmente régulièrement avec la profondeur pour atteindre 8,6 à 3 m en liaison avec un léger excès de sodium (Na/Ca = 0,18).

Série Galaji : sols bruns AS à nodules, pH 7,3 - 8,8 en profondeur, en liaison avec un léger excès de sodium : Na/Ca de 0,1 à 0,2.

p. 31 - Les sols à alcalis hardés : "ils ne peuvent être parfaitement caractérisés que par l'analyse chimique : rapport Na/Ca supérieur à 0,15. Sur le terrain on les reconnaît à leur végétation souvent caractéristique et à leur compacité. Dans certains profils le caractère "hardé" est localisé à certains horizons". On les trouve en bordure de zones inondées, sur des buttes. Le drainage est très mauvais par excès de sodium. La morphologie de ces sols n'est pas caractéristique car ils peuvent avoir des textures très différentes :

- horizon A brun-gris, taches, ASf, nucif., cohés. moyenne, porosité forte, de 30 cm / brun pâle, Sfa, taches noires, très compact et cohérent / à 60 cm brun-jaune, ASf, polyédrique à nuciforme, cohésion moyenne.

- horizon A gris brun clair, Sf, particul. /// brun foncé, très dur et compact, ASf, prismat.

Na soluble : 1,8 méq ; Na/Ca jusqu'à 0,3 dans les horizons hardés.

p. 33 - "Sols légèrement hardés" : ils ont un léger excès de Na à l'analyse : Na/Ca de 0,1 à 0,2. La végétation est "souvent" très peu dense, à Acacia Seyal et Balanites. Dans le profil on observe, rarement, la forte compacité des sols hardés. L'excès de sodium ne peut jouer un rôle qu'en diminuant la perméabilité et le drainage.

(24) - SIEFFERMANN (G.), MARTIN (D.) - 1959 -

Etude pédologique de la plaine du Logone ; Secteur Kartoa-Merigne. IRCAM, multigr., 35 p., 8 minutes noir au 100 000, bibl. 11 réf., cote P. 100.

p. 21 - Les sols hydromorphes à nodules calcaires : série Galaji : horizon A gris foncé, taches, concr. Fe, AS, prism. cohés., forte, de 10 cm / moins humifère / à 70 cm gris verdâtre, concr. noires et calc., AS, prismat. pH : 5,7 - 8,3/6,1-9,4, Na/Ca : 0,15 - 0,2/0,02-0,6, les valeurs élevées seulement en bordure des zones d'inondation.

Série Elak : horizon A brun olive, taches, A, prismat., concr. noires et nodul. calc., / brun gris, concr. calc., A, prismat. à polyédr., cohés. forte. pH : 5,5-7,5/7-8,9, Na/Ca : 0,02-0,3/0,04-0,5. Ce dernier rapport croît du sud au nord et du centre des plaines inondables vers la périphérie.

p. 28 - Les sols à alcalis ou sols hardés. Les hardés ne constituent pas un type de sol bien défini. Le terme, d'origine locale, serait synonyme de stérile. "La végétation arborée est sensiblement la même que sur les sols homologues non hardés mais plus clairsemée et sans aucune végétation herbacée... la topographie est très plane... plaques témoins de plusieurs m², de 5-10 cm de hauteur, correspondant à un horizon superficiel squameux en pleine voie de décapage... dans les types argileux horizon superficiel squameux se détachant spontanément... dans les types A et AS la couleur est foncée et uniforme dans tout le profil... augmentation considérable en saison sèche de la dureté et de la compacité... en saison des pluies transformation en boues fluides et visqueuses ... tous localisés en bordure des zones inondées ou autour des bourrelets sableux". pH : 8,5-9 ; 9,5-9,4 en présence de carbonates ; Na/Ca : plus de 0,15 et croît avec la profondeur.

p. 30 - Effet de Mg sur la structure ; formation des carbonates Ca par action de CO₂ sur CaO des remontées capillaires.

p. 30 - Formation des sols hardés : libération des sels par décomposition des roches du bassin, évaporation in situ. Tableau chimique des eaux de nappe et du Logone. Présence de silicates solubles.

p. 31 - Mise en valeur.

(25) - SIEFFERMANN (G.), VALLERIE (M.) - 1963 -

Carte pédologique du Nord-Cameroun au 100 000. Feuille YAGOUA, IRCAM, Yaoundé, multigr., 79 p., 1 carte au 100 000 couleur, 1 carte utilisation, annexe, fiches anal., bibl. 16 réf., cote P. 132.

p. 42 - Sols hydromorphes minéraux. Série du Danaï calcimorphe : horizon A olive, taches rouille, concr. Fe, SA, prismat., 15 cm / olive pâle, concr. et mycélium calc., concr. Fe-Mn, pH : 6,7/8,6 ; Na/Ca : 0,24/0,19-0,6 : les valeurs élevées en bordure des dépressions. Pas de tendance à la dispersion dans l'eau. "La tendance à la floculation dans la série Danaï calcimorphe et la dispersion de la série Danaï à alcalis ne trouvent pas d'explication dans le rapport Na/Ca".

p. 45 - Série du Danaï à alcalis : placés dans l'eau ils se liquéfient littéralement. Même morphologie que les précédents dans lesquels ils sont imbriqués, même végétation arborée mais moins dense, plages de sol nues, témoins de quelques m² et de 5-10 cm en voie de décapage : horizon A ocre-beige (olive), SA-AS, quelques fissures, cohésion très forte, peu poreux / ocre beige (olive), A, fondu, cohésion très forte, petits nodul. calc. pH : 6,9/8,7 ; Na/Ca : 0,26/0,14.

p. 74 - Les sols halomorphes :

Série de Dingue : horizon A brun-gris, S, massif, cohés. forte / brun olive, A, prism., cohés. moyenne, concr. noires, nodul. calc. pH : 7,5/8,7, Na/Ca : 0,6/0,94.

Série de Souana : brun gris, S-SA, massif, cohésion forte, de 15 cm/brun jaune, S-SA, polyédr., cohés. forte/brun jaune, S-SA ou AS, polyédr., filaments blancs, cohés. moyenne pH : 8 / 9 ; Na/Ca : 1/1,4.

VIII.- CARTE AU 100 000 DE BOGO-POUSS

(26) - MARTIN (D.) - 1959 -

Etude pédologique de la plaine du Logone au 100 000 - secteur Djagfa-Pouss. IRCAM, Yaoundé, multigr., 34 p., cote P. 101.

p. 6 - Sols hydromorphes tachetés, série Akaho à sodium souvent en excès en profondeur.

p. 21 - Sols hydromorphes à nodules calcaires, Série Dougui : gris foncé, taches rouille polyéd., cohés. forte, de 30 cm / brun foncé, taches et concr. noires, nodul. calc., A très compact et cohérent / brun foncé, nodul. calc., A, plastique/gris bigarré, nodul. calc., A, plastique, pH : 5,75/6,7 ; Na/Ca : 0,07/0,16-0,26 "ce qui classe ces sols dans les sols salins" et explique la mauvaise structure, avec l'excès de Mg".

p. 28 - Les sols à alcalis. En limite d'inondation l'alcalisation porte le plus souvent sur les séries Dougui, Akaho, Galagi, Soukaumna.

p. 29 - Les sols complexes : succession sur 1 m de 3 à 4 couches de granulométrie et de compacité différentes dans laquelle existe toujours une couche sableuse très compacte à excès de sodium (hardé) : brun foncé, tacheté, SA, peu structuré, cohés. moyenne, de 25 cm / brun gris, taches noires, AS, très compact / à 80 cm sables fins et grossiers particuliers,

- gris puis beige, taches rouille, SFA, particulier, de 22 cm / sables grossiers blancs particuliers / à 30 cm brun olive, taches noires, AS, compact, nodules calc.

- brun puis beige, taches rouille, SFA, cohésion faible, de 20 cm / Sf particuliers blancs / à 30 cm brun puis gris, taches, AS, très compact / à 50 cm Sf et Sg blancs particuliers / à 60 cm Sg cimentés par un peu d'argile, brun clair, assez poreux, très dur.

Pas de prélèvements.

(27) - MARTIN (D.) - 1960 -

Etude pédologique de la plaine du Logone au 10 000. Secteur Doreissou-Madalam. IRCAM, Yaoundé, multigr., 12 p., 5 minutes noir au 100 000, cote P. 115.

p. 143 - Les sols hydromorphes tachetés, série Akaho : pH 8,5 dans les horizons profonds à excès de Na (Na/Ca de 0,12-0,25) en bordure des zones d'inondation.

(28) - MARTIN (D.) - 1960 -

Etude pédologique de la plaine du Logone au 100 000. Secteur Nord-Pouss. IRCAM, Yaoundé, multigr., 20 p., 8 minutes noir au 100 000, cote P. 116.

p. 170 - Les sols hydromorphes à alcalis. Dans les sols exondés l'excès de sodium est plus important et se traduit nettement dans la végétation... (dans les) buttes exondées naturelles ou artificielles. La végétation graminéenne est quasi absente, présence d'Acacias rabougris. Le sol est très compact et présente un fort excès de sodium et des pH élevés dès la surface.

Série Gasbala, en auréole autour des dunes sableuses : gris clair, Sf, particulière, de 30 cm / gris brun clair, Sf, très forte cohésion/ à 55 cm brun jaune, Sf, cohésion moyenne à forte, moins durci. pH : 6,7/10/10,75 ; conductivité : 25/90/218 ; Na/Ca : 0,3/0,9/2 ; silice soluble dans l'acétate de NH₄ : 0,2 % à 0,3 % dans certains sols "n'appartenant pas à cette série".

Série complexe Boukoum, entre les dunes :

- brun gris, SFA, nucif., cohés. faible, poreux, de 10 cm/gris clair, Sf, part./ à 22 cm gris brun clair, polyédr., cohés. très forte.
- gris foncé, sablo-limoneux, nucif. cohés. faible, de 10 cm/ brun pâle, Sf/45 cm brun jaune, SA, prismat., très compact/gris brun clair, SA-AS, polyédr., cohés. forte. pH : 5,4 ; Na/Ca jusqu'à 0,5 en profondeur.

(29) - BARBERY (J.) - 1971 -

Carte pédologique au 100 000 du Nord-Cameroun, Feuille BOGO-POUSS.
Centre ORSTOM de Yaoundé (inédit, texte revu par M. GAVAUD).

p. 13 - Toposéquence fréquente : sols ferrugineux en amont - sols halomorphes ou planiques avec divers faciès planiques attribués à l'érosion ou à des intergrades lessivés, vertiques ou hydromorphes - sols hydromorphes en aval.

p. 23 - Vertisols topomorphes. Les pH, neutres en surface, sont alcalins en profondeur où le rapport Na/T atteint 7 à 12 %. Comme les taux de magnésium ne sont pas négligeables, la répartition des bases du complexe adsorbant approche de celle d'un solonetz. En fait ce caractère très commun parmi les vertisols septentrionaux n'est jamais corrélé avec une morphologie de sols halomorphes et n'entraîne pas la dépression des cultures.

p. 39 - Les sols halomorphes : aspect hardé ; pente nulle à très faible, couleur claire et luisante de la surface, érosion en nappe ou en nappe ravinante facile, végétation arbustive claire et contractée. Les profils les plus aisément identifiables sont des sols à alcalis lessivés ou à argile dégradée (solonetz, solonetz solodisés). Ils sont généralement associés à des sols planiques, moins riches en sodium, sans structure très spécifique, mais possédant une discontinuité texturale abrupte au niveau A/B, ainsi qu'à des sols simplement lessivés mais de teinte brune... ce groupement complexe apparaît aussi bien sur les matériaux juvéniles que sur les vieux glacis du socle. Il sépare, dans les séquences évoluées, des termes sommitaux de type ferrugineux de termes inférieurs vertiques ou hydromorphes.

p. 40 - Les sols halomorphes non différenciés sur altération du socle. Série de Mogoudi : ce sont les "sols gris" des cartes plus anciennes. Ils raccordent des sols ferrugineux aux sols halomorphes sur alluvions : horizon A gris, SA, massif, de 10 cm/jaune pâle, AS, prismat., cohés. forte, concr. noires/à 60 cm jaune pâle, taches, AS, massif, cohésion forte / à 130 cm gris, SA, massif, cohésion forte. pH : 6,3-6,7/8,1-8,5 ; Na/Ca : 0,1, maximum de 1,5. Classification possible : intergrade sols à alcalis non lessivés et solonetz sans structure en colonettes.

p. 41 - Les sols halomorphes non différenciés sur matériau sablo-argileux : croûte squameuse / horizon A brun pâle, taches, sableux, polyédr. et lamellaire, compact, de 7 cm / brun clair, S, polyédrique, friable / à 24 cm blanc, S, particulière// à 32 cm blanc à taches rouges, sableux, massif et dur/// à 37 cm jaunâtre, SA, massif, très dur, pH : 5 / 5,6-6,8 /// 8,6 / 7,5 ; Na + K/T : 0,47 (maximum). Classification possible : solonetz sans structure en colonettes.

p. 43 - Autres sols halomorphes : sols à alcalis non lessivés, solonetz érodés (?) -, sols intergrades vers des vertisols à cohésion très forte.

p. 44 - Solonetz solodisés sur matériau argilo-sableux, sur buttes alluviales et bordures de dépression : jaune pâle, Sf, particulière, de 5 cm /// gris brun, taché, Asf, cubique croute vésiculaire, très dur et compact / à 13 cm brun, mycélium calc., ASf, finement polyédrique, très dur / à 60 cm : brun-gris, SA, massif. pH : 7,4 /// 9,3/10,1 ; Na/S : 0,1///0,5/0,65.

p. 49 - Sols à gley de profondeur sur alluvions sablo-argileuses à argilo-sableuses. pH : 6,1 - 6,5/8,9-9,8 à plus de un mètre, ces sols n'ayant cependant pas le comportement physique des sols à alcalis.

p. 55 - La transition des sols à pseudogley avec les sols halomorphes : sols n'ayant pas une surface de type hardé mais la morphologie et les pH des solonetz sans colonettes de la p. 41 : gris brun, S, particulière / à 12 cm blanchi, S, particulière, fragile// à 27 cm blanc et taché, S, massif et dur// à 33 cm brun et taché, SA, fragile /// à 70 cm brun-jaune, taché, AS, nodules calc., massif et dur. Sol lessivé jusqu'à 110 cm, pH de 9,8 et Na/S de 50 % à la base de l'horizon A (70 cm) ; le front de l'alcalisation coïncide avec un horizon blanchi et appauvri en argile (27 cm). D'où l'interprétation : halomorphie de nappe dans un profil lessivé. La base du profil est actuellement un réservoir de sodium important : pH = 10 et Na/S = 0,6.

p. 57 - Sols hydromorphes minéraux à nodules calcaires sur alluvions, transition avec les solonetz, série de Galaci, sur bourrelets alluviaux ; profils A - (B) gen Ca avec ou sans colonettes : brun, SA, particul. à lamellaire, fragile, de 5 cm /// brun foncé, taches, AS, colonnes à croûte vésiculaire / à 15 cm brun, taches, concr. noires, AS, massif, très dur/ à 35 cm brun gris, AS, plaquettes obliques, petits nodules calc. Les taux d'argile croissent jusqu'à la base de 5 à 42 % ; pH : 8,4 /// 9,1/8,4/9,5 ; Na/S : 7/// 27 / 27 / 31.

IX - LE BASSIN DE LA BÉNOUÉ ET LES RÉGIONS LIMITOPHES

(30) - MARTIN (D.) - 1962 -

Reconnaissance pédologique dans le bassin de la Bénoué. IRCAM, Yaoundé, multigr., 46 p., 6 fig., bibl. 22 réf., cote P. 128.

p. 40 - Sols halomorphes du contact socle-grès de Garoua ; paysage aplani mais érosion forte : brun pâle, SFA, polyédr., cohés. faible, de 15 cm / brun pâle, SFA, polyédr. cohésion. moyenne/// à 25 cm brun très pâle, concr. noires, ASf, prismat., cohés. très forte/ à 60 cm jaune pâle, concr. noires, ASf, massif, cohés. forte/jaune pâle, ASf, concr. nodul. calc. pH : 6,5 ///...10, Na/Ca : x/0,4-0,5.

(31) - SIEFFERMANN (G.) - 1964 -

Carte pédologique du Nord-Cameroun au 50 000. Feuille PITOÀ. IRCAM, Yaoundé, multigr. 50 p., 5 fig., annexe (5 p.), fiches anal., bibl. II réf., 1 carte pédo. (noir) / carte utilisation (couleur).

p. 44 - Les sols halomorphes. Sous culture de coton n'ayant pas dépassé 10 cm : brun gris, SA graveleux, concr. noires, taches jaune rouge, massif, très dur, de 10 cm / jaune rouge, concr. noires, SA-AS, massif, porosité faible / à 40 cm brun pâle, AS graveleux, massif et compact, concr. noires et nodul. calcaires. pH : 8,6/9,2/9,5/9,6.

(33) - VALLERIE (M.) - 1964 -

Carte pédologique du Nord-Cameroun au 50 000, Feuille BIDZAR et GUIDER
ORSTOM-IRCAM, multigr., 69 p., 5 fig., bibl. 14 réf., fiches anal., 2 cartes
pédo et 2 cartes util., noir cote P. 139.

p. 23 b - Colluvions et alluvions de la série de Libe, issus de granites, à sols bruns sableux ou sablo-graveleux, polyphasés : la réaction de ces sols est basique en surface ; parfois la présence de sels solubles peut être relativement forte et faire monter le pH à 9. En profondeur la réaction est acide, le pH variant de 6 à 6,5.

p. 26 - Sols en voie d'évolution, série Djarengol sur schistes et grès crétacés ; sol gris de 30 cm, SA, pH 8/9 dans les marnes.

p. 54 - Les sols halomorphes ; sols peu développés (sols gris), série de Lemas, sur socle et topographie plane, érosion intense : brun, S, polyédr., cohés. forte, poros. faible, de 10 cm / brun, S-SA, polyédr., cohés. forte, de 25 cm / brun-jaune, SA, massif, cohés. moyenne / à 45 cm gris brun, AS, massif, cohés. moyenne, compact. pH : 5,6-7/8-9. Souvent taches de "hardé" dans ces sols.

Sols à alcalis non différenciés (hardé) ; associés aux précédents sur de petites surfaces, végétation plus pauvre, bordure des mayos : brun, Sg, part., cohés. faible concr. noires, concr. calc. de 10 cm / brun pâle, concr. noires, SgA, polyédr., cohés. moyenne / à 25 cm brun-jaune, concr. noires, SgA, polyédr., cohés. moyenne à 50 cm brun pâle, AS, polyédr., cohés. forte. Ou bien : gris brun, SA, polyédr., cohés. moyenne, de 6 cm / brun foncé, AS, polyédr., cohés. très forte / à 30 cm gris brun, AS, polyédr., cohés. forte, pH : 7-8,5 / 9-9,5 : Na/Ca : 0,3-2.

(34) - BACHELIER (G.) - 1957 -

Etude pédologique des villages pilotes de la Bénoué. IRCAM, Yaoundé, multigr., 11 p., 3 tabl., 3 graph., 3 croquis pédologique, cote P. 81.

p. 10 - Sols stériles dits hardés en Foulbé ; très durs et secs, se mouillent facilement en se dispersant ; pH 6,8 en surface, Na/Ca = 0,6.

p. 20 - Sols stériles ; en surface pellicule blanchâtre sableuse colonisée et desquamée par un lichen gris. "On peut dire que les "hardés" ou sols stériles du Cameroun sont des sols sodiques où les bases solubles sont susceptibles de s'accumuler préférentiellement dans certains horizons".

(35) - PIAS (J.) et BACHELIER (G.) - 1952 -

Prospection pédologique du synclinal de Peskebori. IRCAM, Yaoundé, multigr., 14 p., 1 croquis pédologique au 100 000, fiches anal., cote P. 24.

p. 5 - Savane arbustive très claire sur "hardé" : identifiée à celle des nagas du Tchad. Sols très compacts S à SA en surface, A en profondeur. Le terme de hardé désigne pour les Foulbé des sols stériles. Végétation discontinue avec des îlots boisés et des plages stériles où les graminées elles-mêmes ne semblent pas pousser. Les hardés sont localisés en bordure du Mayo.

X.- ETUDES PORTANT SUR DES SOLS, DES SITES, DES PROBLEMES DETERMINES.

(36) - HUMBEL (F. X.) - 1965 -

Etude des sols halomorphes du Nord-Cameroun (Maroua). Transformation des Hardés par sous solage et culture du cotonnier. Centre ORSTOM de Yaoundé, multigr., 63 p., 4 fig., Bibl. 9 réf., cote P. 146.

p. 60 - Conclusions ; trois types de profils :

- Horizon massif épais à taux de Na et Mg élevés ; pas de structure prismatique, indice de lessivage élevé, carbonates haut placés dans le profil ; type 1, le plus fréquent.

- Horizon lessivé réduit ; faible indice de lessivage ; structure prismatique ; structure rarement massive sous l'épipédon ; type 2, fugace, dérivant de 1 par érosion.

- Horizon A.2 mince et poudreux à faible profondeur ; décarbonaté ; pH acide dans les horizons supérieurs ; horizon massif réduit ou inexistant ; colonettes ; plus riche en matière organique. Type 3 ; dériverait de 1 par solodisation et décarbonatation ; cela provoquant la disparition de l'horizon massif, la diminution de Na échangeable, la décarbonatation du sommet du profil, l'acidification. Rare et de faible extension.

Tous contiennent des concrétions noires et des taux importants de Mg échangeable. Leur loi de répartition n'est pas connue. Ils sont classés comme sols halomorphes à structure modifiée, lessivés à alcalis, sans colonettes (sous-groupe) faciès tendant de place en place à la solodisation. Ils se développent sur des argiles à capacité d'échange élevée, riches en Na, Mg, Ca.

Des circulations de solutions véhiculant les sels solubles et les carbonates ou assurant la redistribution des hydroxydes, présents jusque dans l'horizon massif, ont présidé à l'évolution de ces sols. Or l'horizon bariolé profond hydromorphe observé à peu près partout paraît peu actuel : les teintes sont estompées et en fin Août il n'est pas encore humecté. Même s'il est occupé par une nappe temporaire, l'alimentation de celle-ci est alors presque totalement extérieure au Hardé. La cimentation, stade de l'évolution de ces sols, ou phénomène indépendant, les a donc figés. L'horizon massif réalise un double écran : à la remontée d'éléments contenus dans la nappe éventuellement présente, à la circulation descendante des solutions. Aux horizons massifs correspondent dans le paysage des plaques imperméables qui induisent une érosion en nappe et en ravines assurant la disparition des hardés. Cette érosion, en éliminant le résidu acide du lessivage, décourage la végétation. En effet la compacité des horizons profonds mis à nu limite le stockage de l'eau. Seuls quelques individus vigoureux se maintiennent au centre de petits déserts concentriques et circulaires. En saison des pluies de petites graminées peuvent coloniser l'épipédon sableux et acide. De même la faune est découragée.

Le sous-solage, suivi de pratiques appropriées, est actuellement la meilleure méthode de récupération des hardés.

En résumé l'étude des hardés montre que les caractères acquis par un horizon peuvent induire le mode d'érosion du sol, une fossilisation d'une partie du profil, antérieure à la cimentation, une modification de son évolution. Il est important de distinguer les caractères ou horizons antérieurs à cette fossilisation (structure potentielle de l'horizon massif, horizon hydromorphe), des phénomènes encore actifs qui lui succèdent : gradient de structure, solodisation.

(37) - MARTIN (D.) - 1960 -

Problèmes d'utilisation des sols au Nord-Cameroun - IRCAM, Yaoundé, multigr., 26 p., Bibl. 32 réf., cote P. 117.

p. 197 - Récupération des sols hardés. Hardé : stérile en Fulfuldé, désigne tout terrain à faible végétation arbustive et graminéenne, à très forte compacité, imperméable, duquel l'agriculteur sait qu'il ne tirera qu'un très médiocre profit.

Il en existe deux catégories :

- hardés dus à l'évolution pédologique : sols gris subarides, sols à alcalis ;
- hardés humains dus à une dégradation du sol sous l'influence d'une culture mal conduite.

Dans la deuxième catégorie le processus serait le suivant : sol sablo-argileux à argilo-sableux déjà évolué et peu perméable - défrichement complet - plusieurs années de cultures - destruction de l'horizon organique - dégradation de la structure - diminution de la perméabilité - remontée des sels en surface en saison sèche - diminution de la perméabilité par le sodium - sol mal drainé et de plus en plus dur à travailler - récoltes amenuisées - érosion hydrique et éolienne - arrêt des cultures.

Caractéristiques physiques et chimiques : S à AS - structure très mauvaise et très forte compacité - Na/Ca plus de 0,15 - pH plus de 7,5 - conductivité (rapport solide/eau de 1/5) plus de 25 micromhos /cm.

Moyens de protection et de récupération :

- empêcher la remontée du sodium :
 - . couverture en saison sèche diminuant l'évaporation ;
 - . ne pas défricher complètement en culture indigène et permettre aux arbres de repousser rapidement.
- augmenter la percolation :
 - . améliorer la perméabilité (labour à 10-15 cm), l'état organique (structure, capacité de rétention).
 - . billons isohyphes.
 - . sous-soler à 40-60 cm dans le sens de la pente.
- échange du sodium par amendement :
 - . sulfate de calcium et amélioration du drainage (non rentable).

(38) - MARTIN (D.) - 1968 -

Les sols hydromorphes à pseudogley lithomorphes du Nord-Cameroun.
Centre ORSTOM de Yaoundé, multigr. 86 p., 18 fig., bibl. 23 réf.

p. 63 - Toposéquence Tette à sols à pseudogley lessivés, faciès verticale, à sols hydromorphes à redistribution du calcaire, à solonetz solodisés : A.1 brun gris, S, taches, de 40 cm /// ligne de concr. noires et de graviers de quartz /// A.2 gris clair, S, particul., à 42 cm /// B.21, AS, prismat., dur, enduits argileux / B. 22 et 23 AS à A, massif, très dur, concr. noires, nodules Ca/BC et C à gros nodules et enduits calc. pH : 6,9 /// 6,5 /// 9. La solodisation se serait installée à la limite A/B d'un sol hydromorphe à redistribution du calcaire lessivé.

p. 65 - Action du sodium :

- libéré par altération mais non évacué par insuffisance de percolation, auto-accélération de l'imperméabilisation par fixation du sodium sur les argiles ;
- migration oblique et accumulation en bas de pente.
- apport de sodium par une nappe phréatique générale et fluctuante (cas exclus par la configuration du paysage).

La deuxième éventualité est exclue par l'absence d'un niveau imperméable au travers de toute la séquence. Seule la première éventualité est à retenir... La morphologie des solonetz solodisés et leur position au milieu des sols hydromorphes lessivés suggère que la formation de l'horizon blanchi a succédé au lessivage et n'en est peut-être qu'un stade extrême lié à une hydromorphie extrêmement forte. Ces processus secondaires seraient ainsi liés à de faibles variations de la composition chimique de la roche et en particulier des teneurs en calcium et en sodium et du rapport de ces deux cations. Une telle action serait de toute façon difficile à prouver compte tenu de la profondeur à laquelle on peut trouver la roche saine... On ne peut que suggérer les correspondances suivantes :

- Teneur moyenne en Ca présence éventuelle de Na si l'élimination en est moins facile : sols hydromorphes lessivés modaux.
- Teneurs plus élevées en minéraux altérables et en Ca, teneur suffisante en argile à plus forte proportion de montmorillonite pour déclencher la verticollisation : sols hydromorphes lessivés vertiques.
- Rapport Na/Ca plus élevé : sols hydromorphes lessivés à structure dégradée.
- Na/Ca petit, Ca élevé : sols hydromorphes à redistribution du calcaire lessivés.
- Na/Ca élevé, Ca élevé : solonetz solodisés.

p. 79 - Toposéquence Bibémi à sols hydromorphes à pseudo-gley lessivés, à sols ferrugineux tropicaux en amont, à sols halomorphes en aval : horizon A II brun gris, Sf et Sg, de 8 cm / A. 12 brun gris, taches, SFA, massif / à 32 cm A.2 clair gris, Sf et Sg, particul. /// à 34 cm B. 21 brun gris, taches, prismatique, revêtements argileux sur les faces, très dur et compact / à 47 cm B. 22 brun, bigarré, AS, massif, très dur, concrétions noires / à 60 cm B.3 brun jaune AS, massif, très dur, nodules calc. concr. noires. pH : 6 / 5,5 /// 8,5 ; Na normal.

p. 81 - "Le léger excès de sodium décelé est tout de même situé en bas de pente, ce qui paraît une position normale. Il existe des liens génétiques entre les divers termes des séquences se manifestant essentiellement par une accumulation d'argile à partir d'un lessivage oblique et par la concentration de sodium en bas de pente.

p. 82 - Conclusions générales :

- Les quelques profils à horizon blanchi montrent une discordance entre la morphologie et les critères chimiques.

- Il n'y a pas de coupure entre les sols hydromorphes et les sols halomorphes.

- La seule coupure est la dominance de kaolinite et d'illite où domine l'arénisation puis la dominance de montmorillonite quand la roche-mère devient plus basique et la percolation insuffisante.

- La présence de sodium est due à sa non élimination ou à son accumulation en bas de pente : il ne ferait qu'augmenter le caractère hydromorphe de l'horizon B.

- Le lessivage serait du à l'hydromorphie qui règne dans l'horizon supérieur et aux variations brutales des conditions physico-chimiques. Au stade ultime le lessivage s'accompagnerait d'une destruction de minéraux argileux en milieu acide.

(39) - BRABANT (P.) - 1967 -

Contribution à l'étude des sols à horizon blanchi dans la région de Garoua (Nord-Cameroun). Centre ORSTOM de Yaoundé, multigr. 85 p., 13 fig., bibl. 36 réf., annexe profils (10 p.), cote P. 162.

p. 36 - pH 9,6-9,8 dans quelques horizons faisant effervescence avec HCl

p. 38 - Na présent en quantité dans trois profils seulement, dans les horizons h.4 à h.6 (= DC, SA à AS compacts) : Na/T de 15 à 23 %.

p. 58 - Similitudes morphologiques des sols de la Bénoué avec :

- des solonetz solodisés (type 1, p. 17 - sous-type 1a sur hardé alluvial et sous-type 1b sur glaciais de roches plutoniques) ;
- des solods (type 3, p.19 et type 4, p.20)
- des sols assimilables à des solods (types 5, p.22 et types 6 et 7, p. 23) ; certains types étant sans équivalents : 8 à 12 (pp. 24-26).

p. 59 - Genèse des sols solodisés : "aucun indice ne permet de penser que les sols à morphologie de solonetz solodisé et de solod sur les alluvions de la Bénoué ont subi une évolution progressive à partir de solontchak et de solonetz" :

- absence de solontchak et de solonetz mais présence de sols ferrugineux et de sols hydromorphes ;
- absence de quantités notables de sels solubles ;
- quantité de Na négligeables, sauf exception (types 1,7,8) ;
- l'évolution vers la morphologie de solod ne se traduit pas par un départ progressif de sodium.

Un profil (GAR 17) à morphologie de solonetz solodisé n'est pas attribué à la dégradation superficielle d'un B solonetzique mis à nu, mais à l'évolution d'un ancien sol argileux alluvial de type vertisol :

- topographie plane, surface et granulométrie n'indiquant qu'une érosion très limitée ;
- végétation aussi dense que sur les vertisols indemnes ;
- passage à des sols hydromorphes comme pour les vertisols ;
- horizon argileux dépassant 2 m et plus argileux à cette profondeur, ce qui ne correspond pas à un ancien horizon B de solonetz ;
- concentration de carbonate Ca sur une grande épaisseur ;
- pénétration très profonde de la matière organique incompatible avec l'érosion supposée ainsi qu'avec un renouvellement postérieur à cette érosion, le prélèvement ayant eu lieu dans une zone stérile ;
- existence de vertisols fossilisés par des alluvions grossières à 500 m du profil.

p. 63 - Processus de solodisation, ses critères comparés aux caractéristiques réelles des sols de la Bénoué :

- pH neutre en A₂ et égal à ceux des horizons sous-jacents (et non acides et plus faibles) ;
- Na fixé peu abondant sauf pour trois profils ;
- taux de silice libre très faible (sous réserve) ;
- fer encore abondant dans les horizons blanchis (concrétions ?) ;
- pas d'enrichissement en particules poudreuses fréquentes dans les sols solodisés (Sf et L) ;
- illuviation certaine de l'argile (revêtements et ventre) ;
- destruction hypothétique de l'argile ;
- végétation dense sur les horizons blanchis épais et non éparse du fait de l'acidification due à un faible recyclage des bases.

Seuls les profils des types 1 ont quelques caractéristiques classiques : Na/T égal à 0,15, L plus élevé en surface, pH faible en surface, mais leur morphologie est la moins différenciée. Nous ne considérons pas comme preuves de la destruction du complexe argileux les faits suivants : variations du rapport entre type d'argile des horizons inférieurs et des horizons blanchis, l'accumulation relative dans l'horizon blanchi de tel type d'argile, les variations et la diminution de la capacité d'échange dans cet horizon. Cela prouve qu'il y a eu effectivement un départ d'argile ou un départ préférentiel de tel

type d'argile mais ne prouve absolument pas que cette argile a été détruite. Le départ d'argile peut être aussi du à un entrainement mécanique vers les horizons inférieurs (comme l'indiquent les revêtements) ou hors du profil".

p. 68 - Classification : la présence de Na qui est le trait essentiel de la classe où figurent les sols solodisés apparaît ici comme une variable indépendante. Les profils, avec ou sans sodium, ne peuvent être différenciés morphologiquement.

p. 70 - Formation de l'horizon blanchi :

- Lessivage préférentiel de certain type d'argile ; les courbes A. T. D. sont remarquables de similitude depuis h. 4 (= B.2) jusqu'aux horizons inférieurs (p. 41) ; elles indiquent un accroissement relatif de la kaolinite important en h. 3 ou A. 2 (p. 42).

- Entrainement par drainage oblique très important et favorisé par la différence de texture à la base de h. 3 (A. 2) et par la topographie. Il permet le développement de l'horizon blanchi aux dépens de l'horizon h. 4 sous-jacent, surtout si la structure de ce dernier est fragmentaire. Peut se faire également à la base de h. 4 au contact d'un autre horizon imperméable, d'où deux horizons blanchis. L'horizon h. 4 (B. 2) peut être ainsi complètement détruit au profit de l'horizon h. 3 blanchi ou ne subsister que par colonnes isolées dans une masse décolorée.

- Destruction des phyllites : hydrolyse alcaline exclue car l'état sodique préalable est improbable : la formation de h. 3 (A. 2) est actuelle et il n'y a pas trace d'accumulation de Na dans le paysage. On peut imaginer une autre hypothèse, l'hydrolyse d'ions adsorbés révélés par la différence (pH eau - pH KCl) suggérant une autolyse des argiles (10A°) Mg et Al octa., complète si les cations peuvent être évacués et laissant un résidu de silice. Mais ceci suppose la désaturation du complexe pour le transfert des ions en position d'échange qui n'est pas réalisée. Reste à supposer un lessivage pluvial produisant des argiles H^+ , ces dernières étant derechef saturées en saison sèche. Soit en résumé : lessivage préférentiel des argiles expansives ferrifères et autolyse.

p. 76 - Dynamique du fer.

p. 75 - Carbonate de calcium : en petites quantités compatibles avec les premiers stades de la formation de l'horizon blanchi.

p. 77 - Poudre farineuse blanchâtre : action des eaux de percolation riches en silice et en quartz très fin (moins de 2 microns), décapage des grains de sable et de limon.

p. 79 - Formation de l'horizon sablo-argileux ou argileux compact h.4 : lessivage vertical + lessivage oblique + héritage de niveaux alluviaux plus argileux + argilisation de feldspath.

Facteurs de formation de la structure : texture, type des argiles, histoire du matériel, régime hydrique et drainage.

p. 81 - Tableau schématique des conditions de formation : matériau feldspathique, texture grossière, variation de la texture brutale préexistante, régime hydrique contrasté, bon drainage oblique, argiles de type défini (Mm), quantité maximum d'eau drainant dans le profil (site).

p. 82 - Facteurs limitants : texture homogène, mauvais drainage, position topographique défavorable.

p. 83 - Facteurs empêchants : engorgement prolongé, roche basique, roche trop acide.

p. 83 - Conclusions finales :

- Les analyses ne rendent pas compte de l'homologie des sols de la Bénoué avec des solonetz solodisés et des solods.
- Le processus essentiel est le départ de la fraction argileuse ; le lessivage mécanique est certain mais la destruction des phyllites, si elle existe, ne se produirait pas en milieu alcalin (sauf sols de type 1).
- Certains facteurs physiques du milieu définissant le drainage ont une grande importance dans la pédogenèse.

(40) - BRABANT (P.) - 1968 -

Les sols ferrugineux tropicaux et les sols apparentés du Nord-Cameroun.
Centre ORSTOM de Yaoundé, multigr., 41 p., 6 fig., bibl. 20 réf., cote P. 168.

p. 11 - Les sols à horizon blanchi ; cet horizon blanchi, particulière, recouvrant des colonnes, ne peut être tenu pour un résidu de la solodisation : pas de sodium dans le paysage - revêtements argileux dans l'horizon B et autres caractères - sols associés (ferrugineux et hydromorphes) distincts des sols associés aux sols halomorphes.

p. 21 - Morphologie et caractères analytiques :

- Liaison génétique en chaîne (mouvements obliques) avec les sols ferrugineux lessivés.
- Pas de caractère exclusif des horizons lessivés et des horizons d'accumulation ; à chaque volume de sol, partie ou totalité d'un horizon, correspond un bilan positif ou négatif entre l'illuviation et l'éluviation, oblique et verticale. Le signe de ce bilan peut être inversé, dans un sens ou dans l'autre, au cours de l'évolution de l'horizon, du profil, de la chaîne. D'où les "inclusions" de volumes illuviaux dans les horizons lessivés et vice-versa et la transformation d'un horizon lessivé en horizon illuvial et inversement.
- L'étude de la dynamique des éléments à l'échelle de chaque volume de sol doit accompagner et même précéder celle des éléments à l'échelle d'une toposéquence.

p. 22 - Les sols à horizon blanchi peu épais et souvent caillouteux du socle.

p. 25 - Caractères de solonetz solodisés : A.2 blanchi et particulière, contact brutal avec un horizon B cubique à prismatique ; carbonate de calcium. Caractères les éloignant de solonetz véritables : le sommet du B n'est pas brun (fer + matière organique) - cutines argileuses abondantes au milieu et à la base du B et non au sommet - carbonates en profondeur et en bas de pente et non à 10 cm de la surface de l'horizon B - pH ne s'écartant pas fortement de la neutralité, alors qu'il est acide en A et alcalin en B des solonetz - pas de sodium dans le profil ni dans le paysage - paysage distinct des paysages à sols halomorphes.

p. 26 - Caractères les rapprochant des sols blanchis précités : profil ABC avec les mêmes distinctions entre horizons - libération du fer accumulé en concrétions dispersées dans la totalité du profil - lessivage de l'argile et revêtements - pH neutre à faiblement acide - une certaine hydromorphie n'affectant pas A.

p. 26 - Caractères spécifiques : cailloux en A, dus à l'auto-remaniement du sol (F. X. HUMBEL, 1968 : Contribution à l'étude des sols à horizon caillouteux du Nord-Cameroun, centre ORSTOM de Yaoundé) et subordonnés au lessivage - horizons profonds parfois vertiques et sols hydromorphes vertiques en bas de chaîne.

p. 27 - Caractères communs aux termes des chaînes : sol ferrugineux tropical à pseudogley - sol à horizon blanchi (ou blanchi peu épais et caillouteux) :

- profils ABC à horizons distincts et gradient de couleurs ;
- même matière organique peu abondante (1-2 %, C/N = 15) ;
- accumulation des oxydes et hydroxydes de fer en B ;
- pH proche de la neutralité ou peu acide : V = 70-90 % ;
- hydromorphie n'atteignant pas le A humifère.

p. 27 - Processus fondamentaux des sols ferrugineux présents dans les sols à horizons blanchis :

- libération, mobilité, concrétionnement du fer ;
- lessivage de l'argile ;
- conditions hydromorphes.

p. 28 - Importance relative des processus selon les sols :

- Sol ferrugineux = lessivage du fer et accumulation en B ; lessivage de l'argile peu marqué ; hydromorphie forte et croissant avec le cuirassement.

- Sol à horizon blanchi = lessivage de l'argile et accumulation en B orientant toute la morphologie du profil ; lessivage du fer moins marqué ; hydromorphie secondaire.

- Sol à horizon blanchi peu épais et caillouteux = lessivage de l'argile en A, argilisation en B et BC, accumulation discrète du fer, hydromorphie, vertisolisation, remaniements secondaires.

p. 28 - Associations identiques : sols ferrugineux - sols à horizon blanchi - sols hydromorphes en position basse :

- Liaison génétique en chaîne.
- Les sols à horizon blanchi sont des unités d'apparement aux sols ferrugineux lessivés en différant par une couleur très claire, la structure des B, le mode d'altération, les argiles 2/1, le paysage, le type d'argile étant essentiel.

p. 30 et suiv. - Comparaison sols ferrugineux et sols à horizon blanchi. Aucun des facteurs pédogénétiques suivants : climat, matériau, végétation, actions biologiques et topographie ne rend compte des différences. Reste l'âge des sols en relation avec l'étagement de 5 ensembles topographiques :

- Niveau de moins de 200 m à alluvions récentes.
- Domaine aplani des grès de 200 - 300 m avec sols à horizons blanchis épais comme sur les alluvions précitées.
- Pénéplaine centrale de 300 - 400 m avec sols ferrugineux lessivés fortement concrétionnés.
- Piedmont des plateaux de l'Adamaoua de 450 - 600 m avec sols ferrugineux très lessivés en fer et très cuirassés.
- Piedmont des massifs résiduels à sols à horizon blanchi peu épais et caillouteux.

p. 33 et suiv. - Hypothèse concernant les relations entre sols ferrugineux et sols à horizon blanchi apparentés ; ce seraient des stades différents d'une même pédogenèse :

- 1° stade de jeunesse, caractérisé par une dynamique de la phase solide : lessivage oblique et vertical de l'argile - horizons de départ sableux, épais colmatage des horizons inférieurs en aval d'où accroissement du lessivage oblique et hydromorphie - érosion biohydrique des horizons sableux - parfois argilisation sur roche peu perméable - lessivage favorisé par éléments grossiers résiduels - évolution des versants vers des pentes plus faibles et concaves.

- 2° stade de maturité, à dynamique de phase en solution (fer) : mobilisation hydromorphe du fer - accumulation localisée du fer à la partie supérieure des horizons colmatés - poursuite modérée du mouvement en phase solide.

- 3° stade de vicillesse, avec extension de l'hydromorphie et du cuirassement à l'ensemble de la chaîne ; évolution très lente, ne pouvant être relancée qu'à la suite d'une reprise cyclique de l'érosion.

(41) - MARTIN (D.), SEGALEN (P.) - 1966 -

Notice explicative de la carte pédologique du Cameroun oriental au 1 000 000. ORSTOM, Paris et Yaoundé, 133 p., 2 tabl., 14 phot. (noir), bibl. 113 réf., 2 coupures couleur au 1 000 000.

p. 88 - Les sols halomorphes ; sols à alcalis peu ou pas structurés, à différenciation morphologique faible, pH modérés, végétation peu spécialisée ; pentes douces aux pieds des massifs granitiques : gris, S-SA, massif, de 10 cm // jaune pâle, AS, prism., cohés. forte / à 60 cm jaune pâle, AS, compact, cohés. forte / à 130 cm grisâtre, SA, massif, cohés. forte, argile 13/27-33% ; lessivage oblique ; pH : 6,3-6,7//8,1-8,5 ; Na/Ca 1,5 en C ; kaolinite + montmorillonite + illite en A, montmorillonite + kaolinite en B.

Les solonetz solodisés associés à des vertisols, sols peu évolués, sols hydromorphes, rarement des sols ferrugineux ; sur glacis en bas de pente : brun, Sfa, partic. à lamel., poreux, cohés. faible, de 10 cm /// brun gris, AS, prismat., porosité "particulière" au sommet des prismes, très dur, concr. noires / à 20 cm brun, AS, pol., très dur, concr. noires / à 30 cm brun pâle, AS, massif, très dur, concr. noires / à 70 cm brun pâle, tachés, AS, massif, très dur, concr. et nod. calc. ; Na/Ca de plus de 0,15-0,40 à 30 cm ; pH de plus de 9 (nodules Ca). Sous solage en vue de la culture du coton.

(42) - Enquêtes sur les sols halomorphes (ERIVAN, 1969) Archives centre ORSTOM de Yaoundé.

Report des sols halomorphes du Nord-Cameroun :

- sur un fond au 5 000 000

- sur un fond au 5 000 000 (tiré de la carte PNUD-UNESCO de 1968, référence 43).

avec classification et degré de l'halomorphie (J. BOYER) :

Sols salins ou solonchaks : CE sup. à 4 mmhos (Cl, SO₄, CO₃, Na) avec les sols salins à alcalis non lessivés.

Sols à alcalis : Na/T plus de 0,15 ; faibles quantités Na soluble ; pas de sels de Na :

- Non lessivés : pas de B structural ; parfois (B) de Na éch. et sol en petites quantités, ou (B) textural (?). Jamais de colonnettes.

- Solonetz, solonetz solodisés, solod : B structural à colonnettes, avec ou sans Na 2 CO₃.

Mangroves.

(43) - GAVAUD (M.) - 1968 -

Projet de corrélation pédologique dans le bassin du lac Tchad. PNUD/UNESCO/REG. 71, Paris et ORSTOM, multigr., 123 p., 3 cartes, bibl., 32 réf., 3 cartes couleur au 2 500 000 avec carte au 1 000 000 noir déposée à l'UNESCO (Paris).

Intéresse une partie du Nord-Cameroun où les divers sols halomorphes et hardés sont inclus dans des séquences :

- Sols régiques à faciès ferrugineux, sur arène d'altération (granites), toposéquences à sols halomorphes lessivés.
- Sols peu évolués d'apport modaux ou hydromorphes sur alluvions (incluent les sols gris, série de Doutarou, sur alluvions).
- Sols à alcalis lessivés, solonetz solodisés sur argiles sableuses d'altération (granites).

XI.- TRAVAUX AGRONOMIQUES

(44) - VAILLE (J.) - 1970 -

Essais de mise en valeur des sols hardés du Nord-Cameroun. L'Agronomie Tropicale, vol. XXV, n° 5, pp. 472-490, 7 phot., 11 tabl., bibl. 5 réf., résumés Français, Anglais, Espagnol.

p. 473 - Nature et extension de ces formations :

- Rappel de la définition du hardé (D. MARTIN, 1960, cf. réf. 37)
- Rappel de la définition des sites de BOCQUIER (1964) : glacis anciens et plaines alluviales.
- Rappel de la classification locale ORSTOM en sols halomorphes, Sols intergrades, sols gris subarides.
- Tableau des surfaces, par cartes : 47 000 ha de sols halomorphes et 195 000 ha de sols intergrades (Total : 242 000 ha)
- Définition morphologique : solonetz plus ou moins solodisés ; description de sol à A.2 pulvérulent et colonettes ; rappel des hardés sableux de Golompui (D. MARTIN, 1961, n°3).
- Caractéristiques des sols à tendance halomorphe (inspiré de D. MARTIN, 1960). Gris brun, taches, S-SA, massif, cohés, moy. à forte, pH 6,3 - 6,7/gris-jaune, pol., SA, coh. très forte, concr. noires, feldspath, nodul. Ca. pH : 8,1 - 8,5. Végétation plus dense, rapides variations latérales (solonetz-sols vertiques).

p. 474 - Travaux de mise en valeur entrepris : sous-solage des Eaux et Forêts (1956) dans le canton de la Vina (Mayo-Danai) en vue de planter des arbres et offrir les terres les moins mauvaises aux agriculteurs. Conclusions de M. GUISCAFRE (1961) :

- Sous-solage à écart de 1,5 m suivi de semis de mil ou coton : bons résultats (mil) mais reprise en masse du sol la seconde année.
- Même préparation de semis forestiers ; discage impossible ; billonnage mécanique impossible ; les arbres ayant échappés à l'asphyxie pluviale sont tués en Janvier par la "remontée de l'horizon sodique" ; chaulage négatif.

Autres essais négatifs : plantes de couverture dans le Secteur Forestier de Yagoua, reboisement de Yakang (Maroua). Meilleures essences : Dalbergia et Acacia scorpioïdes.

p. 475 - Travaux du secteur expérimental de modernisation rurale du Nord-Cameroun (SEMNORD) : mise en culture à Godola et Zouvoul, sans succès ; pas de compte-rendu.

p. 475 - Compagnie Française pour le développement des Textiles (CFDT) en 1962 : récupération des terres incultes et mise en valeur coopérative - assolement et culture du coton - vulgarisation insecticides et fumures - création de Domaines d'Etat.

- Zongoya : sous-solage à 50-60 cm ; rendement en coton-graine de 770-2 350 kg/ha en 1960 avec de bonnes façons culturales. Sous-solage de 8 000 ha en 8 ans, revenant à 19 000 F/ha en 1962 pour 300 ha, à 17 330 F en 1963 sur 509 ha. Rendements en coton légèrement supérieurs à la moyenne (700 kg), parfois excellents (1 500 kg), parfois échec du à un excès d'eau en hivernage, cela pour 300 kg/ha de tourteaux comme fumure. Depuis certains hardés sont toujours cultivés depuis 6 ans, d'autres ne le sont que par place, d'autres ont été abandonnés.

- Balaza, 1963, essais agronomiques de A. LEUWERS ; sol testé :

	argile	Sf	pH	Na/Ca
0-20 cm	15 %	66 %	6,0-8,2	0,04
20-40 cm	19	63	5,9-8,9	0,08

Fumure : 100 kg sulf. ammo + 100 kg phosph. bicalc., sans effets ; fumure double et sous-solage sans effets sur le coton ; en 1965 avec 22 unités N. (urée) et 75 unités P pour le coton on a obtenu :

- un sous-solage : + 15 %
- deux " " : + 2,5 % par rapport au précédent.

L'effet du sous-solage est jugé éphémère ; la mise en valeur de ces sols riches en éléments essentiels est plus un problème de texture que de fumure.

- Etude pédologique de F. X. HUMBEL (1965, réf. n° 36) : sous-solage selon la pente - billonnage selon les isohyres - à 30-50 cm de profondeur l'horizon massif est incomplètement fendu - semelle en auge lissée - fond du sous-solage ondulé avec poches d'eau favorables si elles sont profondes ou néfastes si elles sont superficielles - augmentation de la porosité tubulaire par les racines de cotonnier - accroissement de la profondeur mouillée à l'intersection billon/sous-solage - accroissement de la dessiccation au-dessus du sous-solage - affinement de la structure dans un dièdre axé sur le plan du sous-solage - fissuration des interlignes rapprochés (40 cm) par des fentes perpendiculaires à la direction du sous-solage - fragmentation et révélation des structures potentielles - couche battante blanche immédiatement recréée par la pluie : travail superficiel nécessaire - en 3 à 4 ans, formation d'une couche polyédrique moyenne à agrégats très durs.

p. 478 - Essais agronomiques de l'IRAT à Getale

Profil : gris clair, Sf, porosité vésiculaire, de 1 cm/gris, taches, concr. noires, poros. vésic., prismat., cohés. forte/ à 11 cm gris, massif, compact, cohés. forte ; concr. pH : 5,6-6,3/7,7-8,5; Na/T : 0,03 - 0,06/0,10-0,11; A : 8-26/30-41. Pas de déficiences en pots (Chaminade).

Résultats : coût de la préparation (débroussaillage, griffage, rom plow 37 500 CFA/ha. Rendements sur 3 ans sur sol griffé :

coton	419 kg/ha	(graine)
sorgho	1 185	
arachide	1 360	
riz	2 424	(diguette de cloisonnement)
riz fumé	2 939	

témoin non griffé

riz fumé	2 210 (paddy).
----------	----------------

Le temps atténue l'effet du griffage que le sol soit cultivé en riz ou non. La riziculture a le même effet que le griffage la première année ; elle provoque une fissuration du sol et la formation de touradons, une diminution de la cohésion du sol (p. 484, fig.4), une diminution de la conductibilité ; le pH n'est pas modifié (6,1-6,9 à 5 cm et 6,9-7,7 à 35 cm) ; Is reste élevé (3-4,3 à 5 cm, 7-15 à 35 cm) ; la matière organique diminue de 0 à 20 cm ; Na et Na/T diminuent.

p. 485 - IRAT à Meri Douvangar : hardé sur socle - topographie en domes aplatis - séquence : sols à tendance halomorphe, solonetz solodisé, solonetz solodisé à recouvrement sableux en aval ; des vertisols en inclusions au flanc des dômes. Profil : blanc, Sg, massif, cohés. forte, de 3 cm/Sf, pulvérulent/// à 9 cm taches, prismatique, porosité vésiculaire, cohés. très forte/ à 16 cm gris brun, massif/ à 24 cm gris brun, massif, cohés. forte, calcaire. Argile : 9,5/// 27,7 %; pH : 6,7 /// 6,7-8,2.

Rendements :

- arachide sans engrais sur billons : 1 300 kg/ha (gousses)
- sorgho : 480 (souffreteux)
- riz fumé avec diguettes : 2 400-3 000 (paddy)

p. 487 - IRAT à Maroua Salak : hardé alluvial entouré de vertisols - variations latérales rapides : blanc, S, massif, cohésion faible, de 4 cm /// gris, taché, prismat., dômes blancs, cohésion forte / à 18 cm gris clair. prismatique, / à 43 cm gris clair, massif, concr. Fe-Mn, effervescence à l'acide. Argile : 8,4 /// 24 % ; pH : 6,7 - 8,2.

Rendements de riz paddy, fumé, diguettes de cloisonnement : 2 700 à 4 100 kg/ha. Le semis est supérieur au repiquage, ce dernier étant tributaire de la pluviosité. La pénétration sous riz de l'eau est multipliée par 2 par rapport au sol naturel enherbé et par 3 par rapport au sol naturel nu.

p. 489 - Conclusions : Effets de la culture mécanique couteux et éphémères ; la riziculture attelée est réalisable (labour en fin d'hivernage et diguettes manuelles).

(45) - LEUWERS (A.) - 1963 -

Le département du Diamaré et la culture cotonnière. Coton et Fibres Tropicales, vol. XVIII, fasc. 2, pp. 1-30, 1 fig., 7 tabl., 19 phot.

p. 12 - Classification vernaculaire :

- Hardé : argileux, alluvial, gris ou noir, inculte par compacité, non fissuré en saison sèche, nodules calcaires ; évoluerait en Lope par la culture.

- Lope : noir (baléré) ou gris (ranéré), riche en matière organique, fort retrait.

- Karré et Kardidji : sableux, noir ou gris, compact et battant, peu profond, se trouvant en surface des hardés, très peu fertiles, ne convenant qu'à l'arachide et au mil.

"Une extension des superficies cotonnières peut encore être réalisée par la récupération des sols "hardés" au moyen du sous-solage".

p. 20 - Mise en culture des terres hardés : sous-solage à 40-60 cm - lessivage du sodium - acquisition d'une meilleure structure en surface - engins lourds - liste des secteurs d'amélioration prévus.

XII - SUPPLEMENT 1971

(46) HUMBEL (F. X. - 1971 -

Notice pédologique de la carte au 200 000. Feuille GAROUA - Centre ORSTOM de Yaoundé. Bassin de la Bénoué.

Les sols sodiques (classification CPCS, 1967), sous-classe à structure dégradée, groupes sodiques à horizon B et à horizon blanchi.

- Sur la carte de Garoua (socle et grès, 1 000 mm) la conductivité de l'ensemble des sols varie de 0 à 500 micromhos/cm à 25° et il n'y a pas de sels solubles apparents. Les valeurs maxima coïncident avec les pH les plus élevés et les valeurs Na/T les plus grandes (Na/T : 0,1-0,17-0,5) et s'observent à la base de vertisols "à caractères de salure". Dans ces derniers le sodium n'a pas d'effet visible sur la structure.

- "Une légère accumulation de sodium et la formation d'une couche superficielle de prismes plus ou moins arrondis en colonnes et saturés en cations échangeables, peut dans ces régions résulter simplement de l'accélération de l'érosion en nappe mettant à nu un horizon d'argilisation peu perméable dont les cations échappent ainsi au drainage interne. Le processus peut être déclenché par une action anthropique superficielle (piétinement) dégradant la végétation protectrice puis peut être entretenu ou accéléré par le ralentissement consécutif du drainage interne au profit de l'érosion en nappe. Il paraît cependant incapable, sous ces pluviométries, de conduire à la formation de sols sodiques d'origine anthropique".

- Sols sodiques sur grès feldspathiques à horizon B structuré en colonnettes ; sur de petites surfaces de glacis (pente 1 %) préservées de l'érosion (cf. infra) ; microrelief plan ; plages stériles : A.1-2, gris 10 YR 6/1, taches jaunes, faces agrég. blanchies, S, lamel. à cub. grossier, dur// à 5 cm AB, 10 YR 6/2, colonnes à croûte vésiculaire blanche / à 20 cm (B.1-2), brun-jaune 10 YR 5/4 "rougi par contraste" puis 10 YR 6/3, AS, polyédres fins en assemblage très compact, un peu de calcaire au-dessous de 45 cm / à 60 cm brun pâle 10 YR 6/2, AS, pseudomycélium calc., concr. noires et dures, même structure / à 80 cm grès quartzo-feldspathique, lit de nodules calc. en surface. Argile : 5-10 % /// 35 %. pH : acide/9,6 (BC). Au plus 2 % de carbonates. Na/T de 15 % en B.1. Conductivité de 0,15 à 0,25 en (B.2).

- Sols sodiques en voie d'érosion, à horizon blanchi, acidification accentuée en surface, horizon B non en colonnes à pH alcalin, ici à structure polyédrique accentuée par dessèchement en bordure de ravines ; la dissection par des ravines de ces glacis est suffisamment accentuée pour que le paysage soit cartographié en sols peu évolués. A.1, jaune-rouge 7,5 YR 6/6, S, lamellaire puis massif, compact/ à 8 cm A. 21, jaune 7,5 YR 7/6, SA, mouillable, massif et cohérent / à 17 cm A. 22, brun-jaune 7,5 YR 5/4, S, poudreux // à 22 cm AB, blanc 10 YR 8/1, taches rouges et jaunes, peu mouillable, AS, polyédrique et prismatique, faces blanchies / à 30 cm B.2 brun-jaune pâle 2,5 Y 6/4, AS, finement polyédrique, compact / à 80 cm 2,5 Y 7/4, AS, nodules calc. et concr. ferrug. Argile : A. 21. : 18 % A. 22 : 15 % / AB : 29 % / 39 % à 80 cm. pH 5,6 - 6,4/8-9,5 en B.2. Na/T de 11-22 % en B.

- Pseudo-sol sodique des paysages disséqués en "montagnes russes" ; grès arkosique et cailloutis de surface ; aspect de bad-land ; plages nues ; sommet de crête ; sols associés : sols regiques et sols hydromorphes ; classification : sol peu évolué d'érosion à horizon argilisé C en prismes : A.1, gris 5 YR 6/1,5 et rouge 2,5 YR 5/6 ; AS et graviers ; peu mouillable ; cubique et polyédrique, faces lisses ; dur / à 5 cm AB : plus dur et rouge / à 20 cm BC, gris 10 YR 7/1, taches 5 YR 6/6, plus argileux peu mouillable, prismatique ($\phi = 10$ cm) / à 40 cm grès feldspathique clair et friable, joints et poches argilisées. Argile : 35 % / 40 % en BC ; grès : 75 % de sables ; pH 6,5/8 ; Na/T : 12/18 %. La classification en sols peu évolués de ce sol sous-entend que l'imperméabilisation est le fait de l'argilisation (altération) des grès et que la légère alcalisation est la conséquence de l'imperméabilisation qui en résulte. Sur le même matériau les sols voisins évolués sont des sols ferrugineux.

-Sols de glacis à prismes rouges ; pente de 6 % sur grès ; surface plane et squameuse ; interprété comme horizon B de sol ferrugineux mis à nu par l'érosion classé en intergrade sols ferrugineux-sol rouge tropical, saturé en base et légèrement alcalisé par suite du ralentissement du drainage interne consécutif au ruissellement ; la formation d'argiles gonflantes est également envisagée comme conséquence de l'érosion : rouge, SA, prismes et cubes, faces cireuses, feldspath et conc. noires ; pH neutre ; capacité d'échange (14 mé) 5 fois plus forte que dans les sols ferrugineux.

(47) - HUMBEL (F. X.)- 1971 -

Notice de la carte pédologique au 200 000. Feuille POLI . Centre
ORSTOM de Yaoundé.

- Les sols halomorphes sont très peu étendus mais du fait de leur situation basse en latitude ont un intérêt théorique certain. Le plus méridional (8° 09') : versant de 3 % de pente, long ; savane arborée (pas de plages dénudées) turricules de vers : A.1, gris-blanc 10 YR 5/2, Sf, mouillable, volumes riches en tubes et cavités à vers de terre et poches à sphéroïdes mamelonnés (5-30 mm) / à 10 cm A g, bariolé blanc et brun, S, mouillable, massif / à 20 cm A. 2, blanc 10 YR 8/1, taches, SA, mouillable, particulière, dépôts d'argile grise écailleux / // à 30 cm AB, 10 YR 7/2, taches rouille de 2 cm, AS, mouillable, polyédrique, prismatique après dessiccation / à 40 cm brunâtre 10 YR 5/3 ; SA ; concr. noires ; massif avec poches S, pH : 9,2, Na/T : 34 % / à 60 cm B2 Ca-Fe, même couleur, SA, feldspath, pseudomycélium puis nodules calc., concr. noires, polyédrique / à 95 cm B3 Na, SA, peu mouillable, pH-9,2, Na/T de 50 % / à 200 cm BC / à 280 cm C, roche altérée, Argile = 5 %, pH 9, un peu de Na échangeable. L'hydromorphie est ici attribuée à l'argilisation d'une roche très feldspathique ; l'accumulation du sodium libérée par l'altération est attribuée au piégeage par cet horizon argileux.

- Des sols à horizon blanchi de un mètre et à horizon argilisé et carbonaté massif surmonté de colonnettes blanchies sur glacis d'accumulation de massifs granitiques sont rapprochés des sols à horizon blanchi de la Bénoué (n° 39). pH : 6,6 colonnette / 7,9 au-dessous / 9,1 en profondeur ; Na/T : 6 % / 22 % / 28 %

- Il existe enfin des sols riches en Na éch. à morphologie de solonetz solodisés mais à horizon supérieur construit par les vers.

- "L'hydromorphie d'origine lithomorphe qui affecte la plus grande partie des régions Ouest et Sud-Ouest de la carte... et qui résulte de la formation d'un horizon argilisé compact et imperméable peu profond, s'effectue de place en place en milieu sodique, probablement là où les feldspaths de la roche mère libèrent du sodium... L'horizon sodique n'est jamais superficiel. Il est annoncé par des colonnettes dont la partie supérieure est blanchie superficiellement. Il se caractérise par une structure massive, une texture SA à AS, une consistance durcie et pâteuse. Cet horizon peut atteindre 3 m de profondeur. Il est recouvert par des horizons sableux généralement travaillés en surface par les vers de terre. Ni la végétation ni les caractères de surface ne permettent de différencier ces sols".

COMITE TECHNIQUE DE PEDOLOGIE

BULLETIN DE LIAISON
du
THEME B

Numéro 2

Juillet 1971

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ET TECHNIQUE OUTRE-MER

SOMMAIRE

Etudes de sols formés sur roches carbonatées. Pédogenèse fersiallitique au Liban, par M. Lamouroux	3
Première tentative d'inventaire des principales toposéquences en zone tropicale à longue saison sèche, par M. Gavaud	11
Mise en évidence de deux types fondamentaux de toposéquences développées sur matériaux riches en minéraux altérables issus de granites ou de migmatites en Haute-Volta orientale, par R. Boulet	13
Premières observations sur des toposéquences à amont cuirassé en Haute-Volta orientale : rôle de la pédogenèse dans la destruction des cuirasses et le façonnement du modelé, par J. C. Leprun	39
Les sols « hardé » du Nord-Cameroun. Mise au point bibliographique, par M. Gavaud	55
La Conférence Internationale de Géologie Africaine d'Ibadan. Compte-rendu par M. Gavaud	89



OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE
OUTRE-MER

COMITE TECHNIQUE DE PEDOLOGIE

BULLETIN DE LIAISON

du

THEME B

Numéro 2

Juillet 1971
