

B. DABIN

R. FAUCK

J. PIAS

les sols de l'aire de l'étude - SA

Paris

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION  
OF THE UNITED NATIONS  
FAO - R O M E

UNITED NATIONS EDUCATION, SCIENTIFIC  
AND CULTURAL ORGANIZATION  
UNESCO - P A R I S

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION  
WMO - G E N E V A

FAO/UNESCO/WMO INTERAGENCY PROJECT ON AGROCLIMATOLOGY  
TECHNICAL REPORT ON  
A STUDY OF THE AGROCLIMATOLOGY OF THE SEMIARID AREA SOUTH  
OF THE SAHARA IN WEST AFRICA

PROJET CONJOINT D'AGROCLIMATOLOGIE FAO/UNESCO/OMM  
RAPPORT TECHNIQUE SUR  
UNE ETUDE D'AGROCLIMATOLOGIE DE L'AFRIQUE SECHE AU SUD DU SAHARA EN  
AFRIQUE OCCIDENTALE

par : by

J. Cochemé, Meteorologist

P. Franquin, Agronomist

Including a section on vegetation prepared by A. F. Naegelé, FAO botanist; and a section on soils prepared by B. Dabin, R. Fauck and J. Pias, Pedologists, of ORSTOM.

Comprenant une section sur la végétation préparée par A.F. Naegelé, botaniste de la FAO; et une section sur les sols préparée par B. Dabin, R. Fauck and J. Pias, pédologues de l'ORSTOM.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS  
ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE

ROME, 1967

11613 43

B 11613

LES SOLS DE L'AIRE DE L'ETUDE - SA  
SOILS OF THE SURVEY AREA - SA

par B. Dabin, R. Fauck, J. Pias (ORSTOM)  
by

Facteurs de Formation

1. Le climat.

Parmi les facteurs de formation, le climat est des plus importants. Son étude étant cependant longuement développée par ailleurs, son action ne sera évoquée ici qu'en cas de nécessité en cours de description des sols. Il y a lieu pourtant de préciser que l'évolution des sols, dans l'ensemble de l'aire d'investigation, se fait suivant des processus comparables, qui varient surtout dans leur intensité.

2. La végétation.

Les grandes zones de végétation correspondent aux grandes unités climatiques. Cette question, traitée plus loin, ne le sera pas dans l'étude des sols, mais on aura l'occasion de parler des formations végétales qui peuvent se développer en fonction des propriétés physiques ou chimiques des grands types de sols.

3. Les actions paléoclimatiques.

Dans toute l'aire située au sud du Sahara, un certain nombre de faits à caractère géomorphologique ou pédologique ne peuvent s'expliquer que par l'action de climats anciens ou d'une hydrographie ancienne. Ces variations de climat sont d'ailleurs prouvées par d'autres sciences (géologie, archéologie,...). Elles se sont situées essentiellement à l'ère tertiaire et à l'ère quaternaire.

Lorsque les climats ont évolué vers une plus grande sécheresse, les formations anciennes se sont maintenues et certains caractères (durcissement de cuirasse) se sont même accrus. Lorsque les climats ont au contraire évolué vers une plus grande humidité, les formations anciennes ont disparu sous l'action des agents climatiques ou elles ont servi de roche-mère à une nouvelle pédogénèse.

3.1. Formations tertiaires. L'hypothèse la plus répandue est celle d'un climat tropical humide qui a régné, sur toute la zone au sud du Sahara dès la fin du Crétacé et qui a provoqué une forte évolution ferralitique des sols. Les vestiges les plus importants sont les matériaux remaniés du Continental terminal d'âge miopliocène qui contiennent tous des éléments ferralitisés, et qui s'étendent sur une grande partie de la zone étudiée; mais les autres roches en place, granites, schistes, grès, ont également subi des phénomènes de ferralitisation durant les mêmes périodes.

Les travaux des géomorphologues ont montré que de nombreuses buttes ou plateaux recouverts d'une épaisse cuirasse ferralitique ou ferrugineuse se trouvaient à des côtes correspondantes; il y a eu plusieurs surfaces d'aplanissement d'âges différents,

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

Collection de Référence

3 JUL 1967  
n° 17613

les plus élevées présentant les formations ferralitiques les plus évoluées. L'action de nappes phréatiques anciennes, suivie du creusement des vallées, puis d'un intense phénomène d'érosion, a joué également un grand rôle dans la formation des cuirasses. On observe d'autre part des sols rouges profonds qui ont conservé des caractères faiblement ferralitiques dus à une évolution ancienne. Ces paléosols peuvent s'observer jusqu'à l'isohyète 600 mm et les cuirasses, dans des zones encore plus sèches (300 mm et moins).

Les épandages de gravillons provenant d'érosion antérieure servent actuellement de roche mère à de nombreux sols qui ont une grande importance culturale; en outre des nappes de gravillons s'observent dans des terrasses alluviales anciennes (Niger). Enfin il est important de constater que les niveaux cuirassés anciens servent de sources d'hydroxydes et, par lessivage oblique, enrichissent en fer les sols situés en contrebas, cette migration accélérant la formation de nouvelles cuirasses actuelles.

Lorsque la pluviométrie présente dépasse 1200 mm, les cuirasses tabulaires deviennent de plus en plus rares.

**3.2. Formations quaternaires.** A la fin de l'ère tertiaire et au quaternaire, l'Afrique au sud du Sahara a subi des changements climatiques très importants en liaison probable avec les glaciations observées en Europe. Il y a eu alternance de phases pluviales et arides, amenant des reprises d'érosion plus ou moins violentes, avec des transports ou des dépôts de sédiments provenant soit de massifs soit de vieux sols. Au Sénégal, au Mali, au Niger, de vastes réseaux hydrographiques anciens ont donné naissance à des vallées fossiles (exemple : les Maggias du Niger), au Tchad et au Mali les lacs ont occupé des étendues considérables. Dans l'actuelle boucle du Niger, un important delta central s'est constitué, qui est en partie asséché aujourd'hui. Au Tchad, un cordon sableux long de plus de 1000 km, se prolongeant au Cameroun et en Nigeria, marque le contour d'un ancien lac qui s'étendait jusqu'à la côte 320, le lac actuel étant à la côte 282.

Dans toute la partie nord du Sénégal, du Mali, du Niger, du Tchad, les séries fluviatiles déposées au cours des périodes humides ont subi, au cours des phases arides suivantes, des remaniements éoliens intenses qui ont amené la formation de systèmes dunaires très étendus : l'un d'entre eux, au Tchad, descend jusqu'à 10° N de latitude.

Inversement, le domaine des sols ferrugineux tropicaux peu lessivés semble être remonté jusqu'aux confins de l'Ennedi et du Tibesti. Ces observations pédologiques concordent avec des données historiques qui prouvent qu'à une époque qui peut remonter au néolithique et s'est poursuivie jusqu'à une période beaucoup plus récente, le Sahara ainsi que la partie nord du Tchad, du Niger, du Mali, n'étaient pas le désert que nous connaissons, mais un pays de culture et d'élevage. Les dépôts éoliens ou fluviatiles postérieurs aux périodes humides dont nous avons parlé ne portent au contraire que des sols très peu évolués.

#### 4. L'Hydrographie.

L'hydrographie est dominée par trois grands bassins fluviaux : d'Ouest en Est ce sont les bassins du Sénégal, du Niger et des grands fleuves, Logone et Chari, qui aboutissent au Lac Tchad.

**4.1. Bassin du Sénégal.** Le Sénégal, comme le Niger, provient du massif guinéen du Fouta-D'jallon. Dans la partie antérieure de son cours, en amont de Bakel, il est formé par la réunion de trois grands affluents : le Bafing, le Bakoï, la Falémé. Puis

la pente du fleuve devient très faible, de nombreux bras secondaires coulent parallèlement et, en aval de Podor, jusqu'à Saint Louis, s'étend le delta du Sénégal.

La crue s'étend de juillet à octobre et la décrue en saison sèche. Cette crue libère des terrains cultivables. Actuellement, l'endiguement du Sénégal et la réserve du lac de Guiers permettent un aménagement rationnel du delta pour la production rizicole.

4.2. Bassin du Niger. Tout le centre de la zone subsaharienne est dominé par l'immense bassin du Niger. De nombreux cours d'eau en provenance du Fouta-D'jallon et de Haute Guinée (Milo), ainsi que des rivières de la Côte d'Ivoire (Bagoué), alimentent son cours ou se jettent dans un grand affluent, le Bani. Tout ce réseau coule en direction Nord-Est.

En aval de Sansanding, le Niger se sépare en de nombreux défluent qui traversent une immense plaine alluviale appelée Delta Central Nigérien. Certains défluent sont encore en activité, formant le delta vif, et d'autres asséchés forment le delta mort. Au nord du Delta s'étend une vaste zone lacustre avec de grands lacs tels que le Faguibine, le lac Horo,...

En aval de Tombouctou, le Niger prend une direction Ouest-Est, puis après le seuil de Tosaye il est capté par une vallée coulant en direction Sud-Est, l'ensemble formant une immense boucle, la Boucle du Niger. Entre Gao et Gaya, le Niger a un lit fortement rétréci par rapport à la zone deltaïque précédemment décrite.

La crue du Niger se situe de juillet à octobre dans la partie supérieure de son cours, et de septembre à février dans la partie inférieure, à l'est de la boucle.

L'aménagement du Delta Central Nigérien a été réalisé par la construction d'un barrage à Sansanding et l'endiguement des défluent dont certains, comme le mangot de Molodi entièrement asséché, ont été remis en eau, permettant l'irrigation de près de 200.000 hectares, soit au total 500.000 hectares de terres irrigables en comptant le delta vif (mais la surface réellement aménagée à l'heure actuelle est beaucoup plus faible).

Dans la partie Est, les cuvettes alluviales sont également endiguées, la crue tardive permettant une culture de pluie (juillet à septembre) et une irrigation d'arrière-saison (octobre à février). Dans la partie centrale du territoire du Niger, les rivières sont appelées goulbi. Certaines appartiennent à un ancien réseau que l'on peut rattacher au bassin du Niger. D'autres, plus à l'Est, se jettent dans le lac Tchad (exemple : la Komadugu).

4.3. Bassin du Tchad. Le réseau hydrographique est constitué dans la partie Sud-Ouest du pays par deux grands fleuves, le Logone et le Chari, tributaires du lac Tchad. Tous deux traversent tout d'abord des formations granito-gneissiques, puis le Continental terminal avant de couler dans leur cours moyen et inférieur dans des formations quaternaires qu'ils inondent de leurs débordements en saison des pluies.

Les deux fleuves, qui ont un écoulement permanent, ont leur étiage en avril-mai et leur crue en septembre-octobre. De part et d'autre des bourrelets de berge, d'immenses étendues sont inondées d'août à décembre-janvier. De premiers essais de mise en valeur par la création de casiers ou par endiguement du fleuve ont été effectués au cours de ces dix dernières années. L'orientation primitive donnée aux essais avait pour but de connaître les possibilités cotonnières des sols ainsi récupérés. Les cultures de cette plante ont été progressivement abandonnées et la riziculture se développe actuellement sur les deux rives du Logone.

Le lac Tchad, qui reçoit les eaux de ces deux fleuves, couvre 25.000 km<sup>2</sup>. C'est plus un immense marécage d'eau douce qu'un lac. La profondeur moyenne varie de 3 à 5 mètres avec quelques bas-fonds d'une dizaine de mètres. Il atteint sa cote maximale en janvier tandis que la cote minimale plus basse de 70 cm à 1 m est observée en juillet. Les rives nord et est sont jalonnées de chapelets d'îles orientées N.O.-S.E., vestiges d'un ancien système dunaire. Elles ont permis la création de polders particulièrement riches et fertiles où se cultivent blé et maïs.

## 5. Le relief.

En passant du Nord au Sud, on distingue différents types de relief :

a) - Le modelé dunaire. Il prend une grande extension au nord de l'isohyète 500 mm et en dehors des vastes zones alluviales. Il s'agit souvent d'ergs fossiles aujourd'hui fixés par la pseudo-steppe ou même la savane arbustive. Ce relief est très variable, les dénivellations entre dunes et interdunes pouvant aller de quelques mètres à une vingtaine de mètres.

b) - Le modelé subhorizontal. C'est celui des vastes bassins alluviaux, qu'il s'agisse du delta du Sénégal, du Delta Central Nigérien ou des plaines alluviales du Niger, des bassins du Logone et du Chari, des anciens dallels, ou des bahrs Aouk et Salamât.

Le relief est relativement plat, seules émergent des plaines inondables (argileuses), des buttes sableuses (Toguérés du Mali), qui sont isolées ou constituent des massifs ou des alignements orientés qui surplombent la plaine de quelques mètres. Les fleuves ont des pentes faibles et se ramifient souvent en systèmes complexes de défluents. Les alluvions quaternaires qu'ils entraînent présentent des bourrelets de berge et des thalwegs, mais avec des dénivellations très faibles, de l'ordre de quelques mètres. De vastes étendues sont souvent inondées plusieurs mois de l'année.

c) - Le modelé des plateaux soudanais et soudano-guinéens. Dans les régions centrales du Sénégal, du Mali, de Haute Volta, etc... et dans le nord de la Côte d'Ivoire, du Togo, du Dahomey, dans la partie sud du Tchad, etc..., un réseau hydrographique très lâche individualise une série de plateaux à topographie plane. Les pentes sont en rapport avec les axes d'écoulement, elles sont longues et généralement inférieures à 2%. Le centre des plateaux souvent très large est plan, parfois déprimé et mal drainé. Une ligne de crêtes se dégage parfois du paysage surmonté d'une cuirasse en voie de démantèlement. Dans les zones granitiques ou gneissiques, le modelé est moins accentué et on observe des inselbergs.

d) - Le modelé des massifs. Il s'agit soit de buttes témoins de roches basiques surmontées de cuirasses anciennes et qui peuvent dominer la plaine environnante de quelques centaines de mètres, soit de véritables chaînes de montagne anciennes. Au Tchad on peut citer les massifs du Ouaddaï et du Guera. Autour d'un pointement rocheux, le glacis débute par une zone d'arène peu épaisse en pente douce, plus ou moins vallonnée, au-delà de laquelle s'observent des colluvions argilo-sableuses qui font la jonction avec les zones alluviales.

6. Les matériaux originels:

Du Nord au Sud, on observe :

- a) - Les sables et les dunes de la zone saharienne, qui s'étendent au nord de la boucle du Niger et du lac Tchad.
- b) - Des formations "quaternaire indifférencié", dans la boucle du Niger et sur une grande partie de la cuvette Tchadienne. Ces alluvions ne dépassent pas 5 à 6 mètres au nord de Sansanding et peuvent atteindre 20 mètres dans la partie septentrionale du Delta Central Nigérien (province du Ména). Ils sont très hétérogènes granulométriquement, passant de formations très sableuses à des dépôts très argileux, avec tous les intermédiaires.
- c) - A l'ouest, au sud-ouest et à l'est de la boucle du Niger, en Haute Volta ainsi qu'au Sénégal où elles couvrent les 2/3 du pays, et au Tchad où on les retrouve dans le Sud, les formations du Continental Terminal présentent une relative homogénéité. Il s'agit de matériaux ruisselés formant une immense nappe de recouvrement; les produits ont généralement subi une forte altération ferrallitique. Des variations climatiques et les abaissements du niveau de base ont permis le développement de plusieurs étages cuirassés ou, dans certains cas, simplement carapacés.
- d) - Au Tchad (région de Lamé) s'observent, ainsi qu'au Cameroun (Figuil), des dépôts secondaires, vestiges d'une transgression crétacée (conglomérats grossiers, arkoses, grès, calcaires).
- e) - Dans la partie sud de la boucle du Niger (axe Bamako-Koutiala) ainsi que sur le Soudan Central (Mali) et l'Ouest de la Haute Volta, se situe la vaste région des grès Cambro-ordoviciens; ils sont surmontés d'une cuirasse "latéritique" ancienne qui constitue l'armature du relief.
- f) - Au sud du Mali, en Haute Volta, au Cameroun, dans l'Est et la partie centrale du Tchad, s'étend le socle cristallin, constitué de formations d'origine plutonique (granite calco-alcalin, granitegneiss, granodiorites, charnockite), métamorphique (schistes, amphibolite, quartzites, mica-schistes), volcanique (dolérite). Ces formations font partie du bouclier précambrien.

L'interférence de ces facteurs a déterminé la formation de sols variés, qui seront essentiellement considérés ici sous l'aspect de leurs caractéristiques physiques (texture principalement) dont dépendent étroitement les caractéristiques hydriques et hydrodynamiques. Leurs propriétés chimiques générales seront néanmoins citées en rapport avec leur utilisation en agriculture.

On rappellera enfin que la classification des sols est fondée sur le développement du profil : profil de type AC ou A(B)C ou ABC, suivant l'individualisation plus ou moins grande des horizons, et sur les caractères de ces horizons :

- A : horizons humifères et horizons lessivés
- B : horizons d'accumulation
- C : matériau originel

### Les Sols Isohumiques

Les sols de l'Afrique sèche au sud du Sahara appartiennent aux grandes classes suivantes : Sols isohumiques - Sols à sesquioxydes - Vertisols - Sols hydromorphes - Sols halomorphes. Les sols minéraux bruts et les sols peu évolués occupent aussi de vastes superficies. Les 4 premières classes de sols sont les plus importantes au point de vue de l'utilisation.

Il faut faire une mention particulière pour les deux premières classes de sol qui représentent les plus vastes superficies et se répartissent en fonction des grandes zones climatiques. Ce sont :

- celle des sols isohumiques (sols Bruns et Brun-Rouge)

- celle des sols à sesquioxydes et à matière organique rapidement décomposée (sols ferrugineux et sols ferralitiques)

Dans ces deux classes, les grands groupes de sols correspondent aux domaines climatiques définis suivant Aubreville :

- Dans la zone Sahelo-Saharienne (200 à 500 mm), on rencontre essentiellement les sols Brun et Brun-Rouge subarides.

- Dans la zone Sahelo-Soudanaise (500 à 900 mm), on observe principalement les sols Ferrugineux tropicaux peu lessivés et lessivés.

- Dans la zone Soudano-Guinéenne (900 à 1200 mm), on observe uniquement des sols Ferrugineux tropicaux lessivés, puis des sols faiblement Ferralitiques.

#### 1. Classification et description des sols isohumiques

1.1. Les sols Bruns subarides. C'est l'ensemble des sols qui se développent en position de drainage normal, dans les régions sèches à conditions d'aridité marquées, sous l'action principale de peuplements herbacés de type steppique.

Leur morphologie, de type AC, est dominée par une pénétration homogène et profonde de matière organique à travers le profil dont l'épaisseur est généralement réduite (moins de 100 cm).

Il y a présence fréquente de  $\text{CaCO}_3$  en quantité variable. La fraction argileuse est constituée en majeure partie de minéraux du type 2 : 1, montmorillonite ou micas hydratés. La matière organique est faible. L'individualisation du fer est importante. Les conditions climatiques et le milieu saturé sont vraisemblablement les principaux facteurs de polymérisation de l'humus, qui est caractérisé par une très grande proportion d'acides humiques gris.

On distingue des sols Bruns sur argile et des sols Bruns sur matériau sableux.

1.1.1. Sols Bruns steppiques argileux. Le profil de ces sols, qui se développent sous une pseudo-steppe à Schoenefeldia gracilis accompagnée de rares arbres (Acacia), est homogène sur environ 1 mètre. Ils sont moyennement argileux (20 à 30% d'argile en surface) avec légère augmentation en profondeur. Mais la principale caracté-

ristique est la pauvreté en sable grossier et la grande richesse en sable fin qui joue un rôle analogue au limon. On peut observer parfois en profondeur un horizon sableux. La teneur en matière organique est voisine de 1%.

La structure, polyédrique en surface avec fentes de retrait, est médiocrement stable. Les sols sont mal agrégés, leur dispersion est élevée, ce qui leur confère leur grande compacité. La perméabilité est assez faible, homogène sur tout le profil. L'eau utilisable est de 10% environ. La résistance à l'engorgement est moyenne, parfois médiocre. L'aération et le drainage sont corrects sous un climat assez sec; sous irrigation, il faudrait prendre de grandes précautions pour éviter l'excès d'eau, nuisible au cotonnier particulièrement.

Exemple, à Kouara, au Niger (Région de Birni N'Koni) :

- Profondeur en cm	0 - 15	20 - 60
- Argile %	30	35
- Limon %	13	14
- Sable fin %	53	47
- Sable grossier %	4	2
- Matière organique %	1.4	
- pF 3, % du volume	21.4	21.2
- pF 4.2, % du volume	12.4	12.7
- Porosité, % du volume	56	57
- Porosité utile	44	44
- Capacité pour l'air %	35	36
- Perméabilité, cm/h	1.6	1.3
- Stabilité structurale	50	53

1.1.2. Sols Bruns steppiques sableux. Ces sols formés sur matériau sédimentaire, sous végétation de pseudo-steppe à strate arbustive ou arborée très clairsemée, contiennent en moyenne 90% de sable et des taux de limon assez constants, quelle que soit leur position topographique. Ils ont généralement une bonne structure dans leur horizon supérieur, moyenne à mauvaise dans les horizons inférieurs. La compacité est faible. Les taux de matière organique sont souvent inférieurs à 0.5%.

Exemple, au Tohad :

- Profondeur en cm	0 - 20	40 - 60	110 - 130
- Argile %	1	4	6
- Limon %	2	2	1
- Sable fin %	34	36	34
- Sable grossier %	63	58	58
- Mat. organique %	0.1		

1.2. Les sols Brun-rouge subarides. Ces sols se rencontrent dans la même zone climatique que les sols Bruns (200 à 500 mm), ils font partie du même groupe, mais les horizons humifères sont moins épais, à matière organique plus rapidement minéralisée et, en profondeur, la diminution de matière organique laisse apparaître une coloration due à l'individualisation des oxydes de fer. L'épaisseur du profil est généralement plus grande que dans les sols Bruns (parfois 2 mètres). On observe deux horizons distincts :

- un horizon A d'au moins 50 cm, de couleur gris-brun, de texture généralement sableuse à limoneuse, avec une structure le plus souvent mal développée et instable.

- un horizon nettement distinct pouvant atteindre plus de 100 cm, de couleur ocre-rouge. Sa structure est à tendance polyédrique émoussé (nuciforme) et il peut être légèrement durci.

Les colloïdes minéraux contiennent une certaine proportion de kaolinite à côté des minéraux de type 2 : 1. La matière organique est souvent plus faible que dans les sols Bruns sableux. Les autres caractéristiques sont les mêmes que pour ces sols. Le profil se développe sous une végétation de pseudo-steppe sensiblement analogue.

Exemple, au Tchad :

- Profondeur en cm :	0 - 20	40 - 60	100 - 120	200 - 220
- Argile %	3	7	8	3
- Limon %	1	2	1	1
- Sable fin %	42	39	38	42
- Sable grossier %	53	51	52	54
- Mat. organique %	0.2			

2. Localisation et Utilisation.

2.1. Les sols Bruns argileux s'observent principalement au Niger ainsi qu'au Mali dans le Delta central Nigérien où ils portent le nom de Dian. Mais ceux du Niger, en particulier ceux de l'Ader Deutchi, sont incomparablement plus riches en phosphore, ce qui apporte un surcroît de fertilité par ailleurs déjà non négligeable.

La teneur en matière organique est voisine de 1%, rarement supérieure, avec un rapport C/N voisin de 10. La teneur en azote reste médiocre. Les réserves en bases échangeables sont excellentes. Le rapport Ca/Mg est parfois assez élevé. Les teneurs en K sont moyennes à bonnes. Sauf quelques cas particuliers, le pH est voisin de la neutralité. Avec des teneurs en phosphate total élevées, la fertilité générale de ces sols est bonne. La fumure peut se réduire pendant un certain nombre d'années aux seuls engrais azotés.

Sur de tels sols, les rendements du cotonnier atteignent 1000 à 1500 K/ha sans engrais. Sous une pluviométrie inférieure à 500 mm, ces sols doivent être irrigués.

2.2. Les sols sableux Bruns et Brun-Rouge se localisent dans le nord de l'aire considérée. Ils occupent une bande de 200 à 400 km de largeur, tant en Afrique de l'Ouest (Sénégal, Mali, Niger) qu'au Tchad.

Les taux de matière organique sont faibles, souvent inférieurs à 0.5%, avec des rapports C/N compris entre 8 et 10, parfois 12. Les taux d'azote sont également peu élevés (0.2 à 0.5 pour mille). Les teneurs en bases échangeables sont aussi faibles. Leur somme dépasse rarement 2 à 3 meq %. Les taux de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total sont très bas, de l'ordre de 0.1 à 0.3 pour mille.

Ces sols très sableux sont d'une fertilité médiocre. Une érosion éolienne intense s'y développe fréquemment lorsqu'ils sont soumis à la culture. Ils sont principalement cultivés en petit mil et arachide avec des rendements identiques à ceux des sols "Diors": voir Les Sols à Sesquioxides 1.1.1.(i).

### Les Sols à Sesquioxydes

1. Classification et Description. Cette classe de sols à matière organique rapidement décomposée comprend les Sols Ferrugineux Tropicaux et les Sols faiblement Ferralitique.

1.1. Les Sols Ferrugineux Tropicaux. Ces sols correspondent au climat des régions soudanaises de 500 à 1200 mm de pluie environ. Le régime des précipitations du milieu tropical provoque des variations brutales du profil hydrique en cours d'année. Il y a excès d'humidité en saison des pluies allant jusqu'à provoquer des phénomènes de réduction en certaines périodes et surtout dans le cas des surfaces pratiquement planes des grands plateaux et des longues pénéplaines.

En saison sèche, il y a déficit d'eau avec prédominance des phénomènes d'oxydation. Ces variations brutales de l'humidité favorisent le lessivage de l'argile et les variations du potentiel d'oxyde-réduction provoquent la redistribution des sesquioxydes.

Le principal critère des sols ferrugineux tropicaux est la tendance prononcée à l'individualisation du fer et du manganèse. Ce phénomène est lié à l'évolution et à la décomposition rapide de la matière organique et à l'accumulation de l'argile dans un horizon B favorisant les phénomènes d'hydromorphie temporaire.

Les sols ferrugineux tropicaux se différencient par le degré de lessivage des colloïdes minéraux. On distingue : les sols ferrugineux tropicaux non lessivés, où l'argile ne migre pratiquement pas et les sols ferrugineux tropicaux lessivés qui possèdent un horizon d'accumulation argileuse en profondeur.

1.1.1. Sols Ferrugineux Tropicaux non lessivés. Ils s'étendent approximativement jusqu'à l'isohyète 800-900 mm et ont un profil assez profond, de 2 mètres en général, du type A-B-C. Les horizons A (40 cm environ) sont sableux, faiblement structurés. L'horizon B, plus épais, est sableux à sable-argileux, fréquemment durci à l'état sec. On passe, vers 1.50 à 2 mètres, en C, au matériau originel qui est en général du sable. La teneur en matière organique totale est très faible : 0.35% en surface, à 0.20% dans l'horizon B.

On peut distinguer deux sous-groupes : les sols Beiges ou "Diors" et les sols Ocres.

(i) Sols Beiges ou "Diors". "Dior" est le nom vernaculaire donné au Sénégal au plus typique des sols ferrugineux tropicaux non lessivés. Le profil est de 1.50 mètre en moyenne, avec les caractéristiques suivantes :

- un horizon de surface de moins de 20 cm, grisâtre, légèrement humifère, de texture sableuse.

- un horizon plus épais, légèrement rougi par une accumulation diffuse de fer, de texture sableuse, très peu argileuse, de structure faiblement développée.

- un passage progressif aux matériaux originels, sables quartzeux d'origine complexe.

L'horizon de surface a moins de 5% d'argile et de limon, tandis qu'en profondeur les teneurs sont toujours inférieures à 10%.

Les caractéristiques hydriques sont très importantes. La capacité de rétention du sol pour l'eau est de 6% en surface et de 10% en profondeur, correspondant à un pF de

2 à 2.5. Le point de flétrissement est très bas, de l'ordre de 1.5% en surface et de 4% en profondeur. Les quantités d'eau utile sont, de ce fait, non négligeables et il n'y a pratiquement pas d'eau retenue à l'état non utilisable comme dans le cas des sols argileux, ce qui est très important en pays sec.

La perméabilité est élevée dans les sols secs :  $3.10^{-4}$  m/sec (méthode de Porchet). Elle diminue très fortement dans les sols humides  $1.10^{-4}$  m/sec. Le sol absorbe bien les premières pluies, puis l'eau ne s'écoule que lentement, ce qui peut amener de l'érosion ou des engorgements temporaires après les fortes précipitations. Il y a dessiccation rapide des horizons de surface mais les horizons de profondeur peuvent rester longtemps légèrement humides.

Les sols Diors sont très sensibles à l'érosion éolienne. La végétation naturelle est constituée par : Guiera senegalensis, Combretum micranthum, Acacia tortilis (Radiana).

Exemple : (Niger)

- Profondeur en cm.	0 - 15	40 - 50
- Argile %	4	10
- Limon %	2	2
- Sable fin %	63	53
- Sable grossier %	32	37
- Mat. organique %	0.24	
- pF 3, % du volume (la capacité au champ qui correspond à pF 2.2 est plus élevée : 8 à 10%)	3.2	5.4
- pF 4.2, % du volume	2.0	4.0
- Porosité %	37	36
- Porosité utile %	35	32
- Capacité pour l'air	34	31
- Perméabilité (sol saturé), cm/h	1.2	1.0

(ii). Sols Ogres. Les sols Ogres constituent un sous-groupe moins homogène que celui des sols Beiges sableux. Ils se caractérisent essentiellement par leur couleur ocre-rouge plus ou moins foncée dès la surface. La couleur est d'autant plus accentuée que la teneur en argile est plus élevée. La texture, encore assez pulvérulente en surface, est sablo-argileuse avec un accroissement rapide de teneur en argile et de compacité en profondeur. Cette teneur en argile va de 6-7% au minimum à 25-30% au maximum en surface. Elle est en moyenne plus élevée en profondeur mais dépasse rarement 30%. La teneur en limon est faible, celle en sable fin élevée. Suivant les cas, il peut ou non y avoir des gravillons ferrugineux en profondeur; après érosion les gravillons ferrugineux peuvent être amenés en surface.

La porosité, supérieure à celle des sols Beiges sableux, dépend de la teneur en argile, de même que l'humidité équivalente et le point de flétrissement. La teneur en eau utilisable, à pF 3, est deux à trois fois plus élevée. La capacité au champ (pF 2.2 à 2.5) est aussi plus forte. La perméabilité du sol saturé est trop faible, de même ordre que dans les sols Beiges. La structure est médiocre.

Exemple : (Niger)

- Profondeur en cm	0 - 20	40 - 50
- Argile %	20	27
- Limon %	7	8
- Sable fin %	51	48
- Sable grossier %	21	16
- Mat. organique %	0.7	
- pF 3, % du volume	16	20
- pF 4.2, % du volume	11	14
- Porosité, % du volume	40	48
- Perméabilité, cm/h	0.8	1.5

1.1.2. Sols Ferrugineux tropicaux lessivés. On les rencontre sous des pluviométries beaucoup plus élevées que dans le cas des sols non lessivés : 800 à 1200 mm, parfois 1400 mm et plus.

Le plus souvent ces sols se trouvent sur roches acides, sables plus ou moins argileux, grès, granites gneiss, schistes quartzeux. Exceptionnellement, dans la partie la plus méridionale mais qui se situe au-delà de la limite sud de l'aire considérée, on peut en observer sur roches basiques.

Ils montrent une illuviation argileuse marquée en surface, avec accumulation en profondeur. L'accumulation de l'argile provoque la formation d'un horizon plus ou moins colmaté qui influe profondément sur l'immobilisation du fer et du manganèse.

L'horizon A se différencie en : A<sub>1</sub>, humifère, d'une vingtaine de cm, de structure moyennement développée à tendance grumelo-particulaire; et en A<sub>2</sub>, encore un peu humifère, lessivé en argile, de structure faiblement développée. Dans l'horizon B on peut distinguer de même : un horizon B<sub>1</sub> vers 1 mètre, d'accumulation argileuse; un horizon B<sub>2</sub>, d'accumulation ferrugineuse avec apparition de concrétions; un horizon B<sub>3</sub>, à concrétions très nombreuses, où se produit souvent un net engorgement dû à une nappe temporaire. On passe ensuite brusquement, à une profondeur rarement supérieure à 1.50 m, à l'horizon C qui est un matériau plus ou moins arénacé.

La teneur en argile, qui peut être inférieure à 10% dans l'horizon de surface, atteint jusqu'à 25-35% dans l'horizon B et parfois plus. Le taux de matière organique est nettement plus élevé dans l'horizon A<sub>1</sub> que pour les sols ferrugineux non lessivés : il peut varier de 1.5 à 2, mais ce taux diminue nettement dans l'horizon A<sub>2</sub>. L'horizon humifère est donc nettement tranché. Le rapport C/N peut être assez élevé en surface : 14. Ceci est dû à un apport très important de matières végétales ligneuses (graminées) et à certaines conditions d'hydromorphie en saison des pluies.

Ces sols ferrugineux tropicaux lessivés sont divisés en trois sous-groupes principaux suivant le stade d'évolution :

- sols sans concrétions
- sols avec concrétions
- sols à cuirasse

Ces derniers représentent l'évolution ultime du groupe. Ils se situent sur les formes les plus anciennes du modelé, en position de cuvette mal drainée, en bordure des axes de collaturé et des plateaux enrichis en sesquioxydes par lessivage oblique.

On peut donner différents exemples de ces sols ferrugineux tropicaux lessivés, en fonction des différents matériaux originels.

(i) Sur Continental terminal.

Exemple : Sol sans concrétions, à Kaolack, Sénégal (sols beiges du Sine)

Modelé très plat, végétation dégradée (*Calotropis procera*) par la culture arachide-mil.

- Profondeur en cm	0 - 17	17 - 85	85 - 120	120 - 150
- Argile %	3	8	12	12
- Limon %	4	4	3	3
- Sable fin %	62	56	49	57
- Sable grossier %	29	32	34	27
- Mat. organique %	0.5	0.3	0.1	

Ces résultats analytiques indiquent une texture extrêmement sableuse en surface. Le lessivage de l'argile est prononcé. Les sables fins sont plus abondants que les sables grossiers. La matière organique est faible. La structure, nuciforme fine, moyennement développée en surface, devient peu développée en profondeur.

Exemple : Sol à cuirasse, à Darou, Station de l'I.R.H.O.

Sous savane arborée à grandes *Andropogonées*.

- Profondeur en cm	0 - 20	60 - 80	100 - 120	160
- Argile %	10	31	25	16
- Limon %	8	3	2	7
- Sable fin %	62	50	54	57
- Sable grossier %	21	15	18	21
- Mat. organique %	1.3	0.4	0.2	

Le cuirassement est peu marqué dans cet exemple, mais il peut être beaucoup plus intense. La structure, nuciforme bien développée, à gros agrégats, entre 0 et 50 cm, devient prismatique grossière entre 50 et 90 cm. Puis apparaissent de nombreuses concrétions partiellement cimentées en cuirasse entre 90 et 160 et au-delà.

(ii) Sur grès Cambrien.

Exemple : Sol à M'Pesoba (Sud Mali)

Ce profil se trouve à mi-chemin entre la falaise recouverte de sols cuirassés et la zone des bas-fonds où les sols subissent une hydromorphie permanente de profondeur.

- Profondeur cm	10 - 20	30	50	80 - 90	130	150
- Refus 2 mm %	-	-	21	4	0.5	0.9
- Argile %	9	13	34	34	39	43
- Limon %	6	4	4	4	8	5
- Sable fin %	50	41	26	28	26	23
- Sable grossier %	35	41	35	31	27	26
- Mat. organique %	0.3					
- pF 3, % du volume	9.1	10.4	17.9	17.3	20.0	22.4
- pF 4.2	3.6	5.3	12.1	12.0	14.0	16.3
- Porosité maximum %	44	38	51	57	54	51
- Capacité pour l'air %	35	27	34	39	34	28
- Perméabilité cm/h	1.3	0.7	2.3	3.1	2.8	3.3
- Stab. structurale	47	39	64	60	39	59

(iii) Sur sédiments meubles.

Exemple : Sol sans gravillons, à Koumra (Tchad)

Sous jâchère de 4 à 6 ans, avec quelques grands arbres.

- Profondeur	0 - 15	40 - 60	110 - 130	170 - 185
- Argile %	3	12	27	29
- Limon %	4	3	2	1
- Sable fin %	36	30	19	21
- Sable grossier %	56	54	47	44
- Mat. organique %	2.1	0.7		

Exemple : Sol à gravillons, à Moundou (Tchad)

Modelé presque plan, jâchère récente à Hymenocardia et Detarium

- Profondeur	0 - 35	70	190
- Terre fine %	99	49	38
- Argile %	6	26	26
- Limon %	7	8	7
- Sable fin %	53	25	25
- Sable grossier %	32	42	42
- Mat. organique %	0.2		

(iv) Sur roches cristallines en place. Ces sols qui se situent à la lisière sud de l'aire concernée présentent les mêmes caractéristiques générales que précédemment, le modelé étant légèrement plus accusé. Le profil caractéristique étant le même, avec quelques variantes suivant les roches-mères, ils ne seront pas décrits.

2. Localisation et Utilisation.

2.1. Les sols Ferrugineux tropicaux non lessivés ont une teneur en matière organique très faible : 0,35% en surface à 0.20% dans l'horizon B. Le rapport C/N est égal ou inférieur à 10. Le taux d'humification est relativement élevé, de 50% en surface. La répartition de l'ensemble des fractions humiques est différente de celle des sols subarides.

(i) Sols Beiges ou "Diors". Le sol "Dior" est le plus typique. Il représente au Sénégal la plus grande partie des terres cultivées en arachide. Il se rencontre également dans le nord du Mali ("Seno" en Bambara) et dans une grande partie du Niger et du Tchad. Les anciennes zones dunaires fixées (ergs fossiles) portent fréquemment des sols "Diors" lorsqu'elles se trouvent sous le climat des sols ferrugineux.

Les éléments chimiques sont en très faible quantité. Ces sols sont adaptés à la culture de l'arachide en raison de leur texture sableuse qui favorise le développement et l'arrachage des gousses. La présence de colloïdes humiques explique leur relative fertilité mais il faut tenir compte du fait que l'arachide vit en partie de l'azote atmosphérique fixé par les nodosités. Le mil qui vient en assolement profite dans une certaine mesure du précédent arachide.

Une sole de régénération est constituée par des jâchères arbustives claires. Dans la moyenne des cas, les rendements d'arachide sont de 500 à 600 K/ha, mais en culture rationnelle ils atteignent 1000 K. Avec toutes les améliorations agronomiques (engrais minéraux, engrais verts ...) ils peuvent dépasser 1500 K. Un des facteurs limitatifs du rendement est la fourniture d'eau à la plante, qui dépend de la pluviométrie très variable mais aussi des caractéristiques physiques des sols.

(ii) Sols Ocres. Les teneurs en matière organique et azote sont faibles, mais deux à trois fois plus élevées que dans les sols Beiges. Les taux de bases échangeables et de potassium sont moyens à assez bons. Le pH est plus acide. Le phosphore total est assez élevé, mais sous une forme peu assimilable (phosphate de fer). La fertilité générale est assez médiocre.

Ces sols sont bien adaptés à la culture du sorgho. Celle du cotonnier y est possible sous irrigation avec des amendements organiques et des engrais azotés et phosphatés, mais cependant peu recommandée. Dans les Vallées alluviales, la culture du riz est possible avec engrais azotés.

2.2. Les sols Ferrugineux tropicaux lessivés. Ces sols s'étendent dans toute la partie sud du Sénégal et en bordure de la Gambie et de la Casamance où ils voisinent avec les sols rouges faiblement ferrallitiques. On les rencontre également dans la partie sud du Mali, le nord de la Côte d'Ivoire, le Nord Cameroun, la Haute Volta et une partie importante du Tchad. C'est un des groupes de sols les plus importants et couvrant de très vastes surfaces en Afrique au sud du Sahara.

Leurs propriétés varient avec le type de roche mère. Le taux d'argile agit favorablement sur la fertilité, mais jusqu'à un certain optimum, au-delà duquel le point de flétrissement devient trop élevé. Le taux de matière organique est toujours assez bas (sauf dans les sols sur roches basiques), mais en saison des pluies l'activité biologique peut être intense et sous la dépendance étroite du pH. Dans les sols dont le taux d'azote varie de 0.03% à 0.045% la fertilité est mauvaise lorsque le pH descend au-dessous de 6, elle est médiocre à pH 6, moyenne à pH 6.5 et bonne à pH 7. Le taux de bases dépend de la teneur en colloïdes. Néanmoins la fertilité est généralement médiocre quand la somme des bases est inférieure à 3 meq %. Le rapport  $N/P_2O_5$  ne doit pas être inférieur à 2, c'est à dire que  $P_2O_5$  ne doit pas descendre au-dessous de 0.15 ou 0.22 pour mille suivant la teneur en N.

Pendant la période de culture, la minéralisation biologique et l'érosion détruisent la réserve en humus évolué, ne laissant subsister que la matière organique brute avec accroissement du rapport C/N. Le petit stock de  $P_2O_5$  assimilable disparaît, on note un abaissement sensible du pH (jusqu'à 5.5 en surface) et la fertilité devient presque nulle. Après l'abandon du champ, le sol reste soumis à l'érosion, la jâchère arbustive ne se reconstitue que lentement et est parcourue chaque année par les feux

de brousse. Le système d'exploitation traditionnel est la culture itinérante avec, quand possible, 3 à 4 années de culture pour 12 à 15 de jâchère, suivant l'état de dégradation du sol. L'association agriculture-élevage serait un moyen de rendre la culture permanente. La pluviosité, de 900 à 1200 mm, permet la culture du sorgho, du cotonnier, de l'arachide, du maïs, de l'igname, dans certaines conditions de longueur de cycle cependant.

2.3. Les Sols faiblement Ferralitiques. Ils se forment ou ils se sont formés à la limite des zones tropicales sèches et humides, sous pluviosité moyenne de 1200 mm, mais avec une saison sèche supérieure à 4 mois. Ils sont caractérisés par :

- la grande épaisseur du profil, de 3 à 7 m., plus grande dans le cas de sols formés sur sédiments du Continental Terminal ("terre de barre"), plus faible dans les sols formés sur roches en place, schistes, granites, roches basiques (type "ferrisols").

- des profils de type  $A_1-A_2-B_1-B_2$  ou  $A_1-A_2-(B_1)-B_2$ . A l'horizon humifère A, de faible épaisseur, succède un horizon de transition  $A_2-B_1$ , l'ensemble représentant 30 à 80 cm. Puis se développe un horizon  $B_2$  de plusieurs mètres, rouge, et homogène morphologiquement et analytiquement.

- la couleur rouge des horizons non humifères. &

- la faible teneur en limon des horizons B, sauf dans les sols formés sur roches en place où elle est souvent importante.

- des pH compris entre 6 et 7 en surface et qui diminuent nettement en profondeur.

- un rapport  $SiO_2/Al_2O_3$  voisin de 2 (terres de barre) mais plus élevé (2.3 à 2.5) pour les ferrisols.

- une fraction argileuse constituée par de la kaolinite en mélange avec des sesquioxides de fer et parfois d'alumine, auxquels s'ajoutent un peu d'illite et d'interstratifiés dans le cas des ferrisols. Les hydroxides sont bien individualisés mais sans redistribution locale comme dans les sols ferrugineux tropicaux. Une grande partie du fer libre est liée à l'argile à l'argile, liaison qui explique la présence fréquente de pseudo-sables.

- une teneur en matière organique très variable en surface : 1 à 4%.

Dans le type "terre de barre" qui s'observe au Sénégal (en Casamance), dans l'Ouest de la Haute Volta, le Nord de la Nigeria et le Sud du Tchad, les textures sont très variables, de sablo-argileux à argileuse, avec une faiblesse générale en limon, mais jusqu'à 30 à 40% d'argile dans l'horizon B. La structure des horizons non humifères est faiblement à moyennement développée. Les perméabilités sont bonnes et stables. En Haute Volta, ces sols qui présentent des possibilités agricoles intéressantes malgré des déficiences en potassium et en acide phosphorique, sont cultivés principalement en manioc et maïs. Au Tchad ils sont utilisés pour les cultures vivrières (sorgho, petit mil, manioc) et cotonnière.

Le type "ferrisol" formé sur roches en place, de profil moins profond, et plus riche en limon, s'observe surtout en Côte d'Ivoire, Togo et Dahomey, hors de l'aire d'investigation.

Les Affleurements de Cuirasses, les Vertisols,  
les Sols Hydromorphes et les Sols Halomorphes.

1. Les affleurements de cuirasses.

Les affleurements de cuirasse appelés généralement "latérite" sont très nombreux en Afrique au sud du Sahara. Ils s'y présentent sous plusieurs faciès que l'on peut schématiser ainsi :

a) Affleurements horizontaux sur de grandes surfaces, véritables plateaux dans l'Est du Sénégal. Sur cette cuirasse, qui peut être épaisse de plusieurs mètres, on trouve des sols squelettiques, c'est à dire de très faible épaisseur, parfois assez riches en matière organique non décomposée et soumis à une érosion en nappe intense. La végétation y est très pauvre.

b) Buttes témoins cuirassées, généralement de 10 à 30 mètres de hauteur, de superficie restreinte, recouvertes d'une cuirasse de cohésion forte. Elles sont nombreuses au sud du Mali et de la Haute Volta, dans le Nord Dahomey, le Nord Nigeria, sur tout le Continental terminal du Niger et du Tchad.

c) Démantèlements, rebords d'un affleurement horizontal ou d'une butte cuirassée en voie de désagrégation par l'érosion. Cette destruction explique les épandages de gravillons à des profondeurs variées dans des sols colluvionnaires.

d) Affleurements sur pente, constituant des escaliers à divers niveaux et provenant généralement de l'érosion de sols ferrugineux tropicaux concrétionnés. Le lessivage oblique enrichit les bas de pentes en hydroxydes de fer qui se concrétionnent puis se durcissent par dessèchement.

Ces cuirasses sont toutes formées de niveaux indurés formés d'accumulation de différents oxydes de fer, d'alumine et parfois de manganèse. Elles se sont individualisées à l'intérieur des sols, intimement liées au dynamisme des solutions. On ne peut les relier à aucun type de sol. Cependant les sols ferrugineux tropicaux et les sols hydromorphes sont ceux qui se cuirassent le plus facilement.

Les différences dans la composition des cuirasses peuvent amener des différences dans leurs possibilités d'utilisation : une cuirasse peu évoluée et encore riche en silice peut être plus aisément démantelée par une végétation arbustive et donner naissance à un nouveau sol comme on le constate en de nombreux points. Lorsque la cuirasse est très ancienne et très dure, son utilisation est pratiquement impossible.

2. Les vertisols.

La classe des vertisols est caractérisée par des propriétés à la fois calcimorphes et hydromorphes. Ils se forment surtout dans les régions subtropicales, et tropicales sèches, des sols ferralitiques aux sols méditerranéens, en passant par tous les intermédiaires.

Leur profondeur est faible, de 0.50 à 1.50 cm. La caractéristique la plus générale est la couleur foncée du profil sur presque toute la profondeur. La texture est toujours argileuse, les minéraux argileux étant de type montmorillonitique dominant. La structure est grumeleuse à polyédrique en surface, donnant un horizon superficiel assez meuble, de 10 à 30 cm. Dans d'autres cas la structure est large dès la surface et l'horizon superficiel compact devient même prismatique avec fentes de dessiccation. Les mouvements internes du sol dus aux alternances de gonflement et de retrait et à la circulation des eaux en début de saison des pluies provoquent le micro-relief "gilgai".

Dans les régions sèches on peut observer de nombreux nodules calcaires sur toute l'épaisseur du profil, et très abondamment en surface. Au fur et à mesure que la pluviosité augmente, les nodules sont plus rares et à la limite (1200 mm) ces nodules sont localisés au-dessus de l'horizon d'altération de la roche.

La teneur en matière organique est aussi très variable. Inférieure à 1% dans la zone des sols subarides, elle peut passer à 2-3% dans les zones plus humides. Elle n'est pas la cause principale de la couleur noire des profils. Elle est à dominance d'acides humiques gris très stables. Le rapport  $SiO_2/Al_2O_3$  est généralement supérieur à 3. La saturation du complexe absorbant est élevée, la capacité d'échange de bases varie de 30 à 60 meq, le pH est égal ou supérieur à 7.

Les vertisols se rencontrent dans toutes les régions où le matériau original est riche en calcium et magnésium et permet le développement d'un sol dans des conditions de mauvais drainage interne ou externe. Les alluvions du Delta Central Nigérien, les marnes calcaires du Sénégal et de Mauritanie, les schistes birrimiens de Haute Volta et de Côte d'Ivoire, les diorites et gabbros du Dahomey et du Togo les sédiments fluviocastres des grandes dépressions lacustres au Tchad portent des vertisols dont les propriétés générales sont celles décrites ci-dessus.

Exemple : Alluvions du Delta Central Nigérien au Mali.

Dans le Delta les vertisols portent le nom vernaculaire de "Moursi" et représentent environ 10% de la surface totale, occupant de petites dépressions. Leur végétation est claire et composée d'épineux. Ils ont un micro-relief "gilgai" caractéristique, sont de couleur noire sur plus d'un mètre et montrent de larges fentes de retrait. Leur structure est polyédrique en surface sur 10 cm et très compacte en profondeur, avec de nombreux nodules calcaires en surface.

Profondeur en cm :	0 - 25	25 - 50	50 - 75
- Argile %	48	50	54
- Limon %	14	12	14
- Sable fin %	23	21	17
- Sable grossier %	10	11	8
- Mat. organique %	1.0	0.6	0.6
- pF 3, % du volume	30	31	32
- Porosité %	58	62	65
- Perméabilité en cm/h.	4.0	0.4	0.4

Ces sols sont assez représentatifs des vertisols des régions sèches. Bien que la teneur en phosphore soit faible, ce sont de bonnes terres à cotonnier, qui conviennent mal au riz. Il faut éviter l'excès d'eau pour la culture cotonnière. Les engrais azotés et phosphatés sont nécessaires.

Les vertisols sur alluvions du Tchad, sur marnes et calcaires du Sénégal, de Haute Volta et de Mauritanie sont traditionnellement cultivés en sorgho en fin de saison des pluies, leur nitrification et leur ammonisation étant excellentes. Ils ont l'inconvénient d'être difficiles à travailler, leur utilisation dépendant essentiellement de la structure fine ou non de l'horizon supérieur.

Les vertisols sur matériaux argileux provenant de schistes birrimiens, en Haute Volta surtout, présentent fréquemment des phénomènes de recouvrement superficiels par des apports récents sableux ou gravillonnaires. La structure fine en surface rend les travaux culturels relativement aisés, sauf en hivernage où les phénomènes de plasticité limitent les labours. Ce sont de bonnes terres de culture.

### 3. Les sols hydromorphes.

Ces sols sont caractérisés par un excès d'eau dû à un engorgement plus ou moins profond ou d'ensemble, consécutivement à une inondation temporaire, semi-permanente ou permanente.

On distinguera, dans la bande climatique qui nous intéresse :

- des sols humiques à gley
- des sols minéraux
- des sols calcaires

3. 1. Sols humiques à gley à pédoclimat chaud. Leur teneur en matière organique est supérieure à 8% et évoluée, de type Amoor. Ils présentent un horizon de gley en profondeur. Ces sols s'observent dans les Niayes (Sénégal) ainsi que sur la bordure du Lac Tchad dans des polders créés par l'homme. Il s'agit dans les deux cas de dépressions interdunaires inondées par les pluies et la remontée de la nappe ou par les eaux du Lac. La végétation qui se développe est composée de hautes herbes : Phragmites vulgaires ....

Ces sols ont des textures variables : l'horizon superficiel est souvent limoneux, limono-argileux; l'horizon profond est argileux et contient de 50 à 70% d'argile et parfois des quantités non négligeables de limon (15 à 20%). Ils sont très riches en matière organique et azote. De pH neutre ou légèrement alcalin, très riches en bases, et généralement en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, ces terres parmi les plus riches d'Afrique portent au Tchad 3 cultures irriguées par an (1 blé, 2 maïs).

3. 2. Sols minéraux. La teneur en matière organique est inférieure à 8%. On distingue :

a) des sols à pseudo-gley, caractérisés par un horizon subissant un engorgement périodique où alternent des tâches fortement colorées en fer ou au contraire appauvries en cet élément. Cet horizon subit des phénomènes d'oxydation et de réduction annuels, et remonte jusqu'à l'horizon humifère. On distingue ainsi des sols à pseudo-gley :

- à tâches et concrétions
- à cuirasse

b) des sols à gley, caractérisés par un horizon de faible profondeur, à engorgement prolongé, où les phénomènes de réduction l'emportent sur l'oxydation. Le fer est réduit à l'état ferreux, s'accumule ou est éliminé, ce qui procure la couleur gris-vertâtre ou bleutée.

Ces sols sont de textures les plus diverses : sableux, sablo-argileux, argilo-sableux, argileux, ... limono-argileux, argilo-limoneux et de structure le plus souvent grossière.

Ils sont fréquemment incultes, les autochtones ayant des difficultés soit à assurer le drainage soit à contrôler l'irrigation. Ils portent cependant, suivant leur texture et leur position topographique : riz principalement; mil de décrue, mil de saison pluvieuse; parfois cotonnier mais avec des rendements dérisoires.

3. 3. Sols calcaires. Ils sont caractérisés par l'apparition dans les profils de nodules d'encroûtement ou de croûte calcaire qui s'ajoutent par tâches ou en niveaux

bien tranchés aux horizons à pseudo-gley ou gley. Ces sols fréquents en Afrique du Nord sont plus rares dans la bande climatique considérée ici et localisés, semble-t-il, dans sa partie la plus aride. Il en a été ainsi observé au Tchad sur la bordure du Lac ou bien dans des sols où les phénomènes d'alcalinisation commencent à se produire mais sont non encore dominants. Assez fréquemment atteints par des caractères d'halomorphie, ces sols sont, suivant les endroits, ou incultes ou bien portent, lorsque la nappe peu profonde facilite l'irrigation, des cultures de blé, de maïs, de mil pénicillaire.

#### 4. Les sols halomorphes.

Les sols halomorphes sont dominés dans leur évolution par la présence de sels solubles ou d'ions qui en proviennent. Les uns vont donc posséder des teneurs élevées en sels solubles (chlorures, sulfates, carbonates de sodium, potassium, magnésium), les autres vont présenter une structure massive dans certains horizons due à la présence d'ions sodium ou potassium et parfois magnésium fixés sur le complexe absorbant du sol. Les premiers sont appelés sols salés lorsqu'ils présentent une conductivité au moins égale à 4 millimhos par cm à 25°. Les seconds, les sols à alcalis sont ainsi nommés lorsque le rapport Na/capacité d'échange atteint 12%.

On peut distinguer : des sols halomorphes salins à structure dégradée ou non dégradée et des sols à alcalis lessivés ou non lessivés.

4. 1. Sols halomorphes salins à structure non dégradée. Développés sur des matériaux très variés, les textures sont diverses. Les taux de matière organique sont élevés, de 2 à 3%, avec des taux d'azote de 1 à 1.5 pour mille. La réaction est fortement alcaline quand les sels sont à dominance de  $\text{CO}_3\text{Na}_2$ , neutre à très acide dans le cas de NaCl. Ces sols s'observent au Sénégal, dans le delta de ce fleuve. On les trouve également dans les dépressions intérieures (Niger et Tchad). Les teneurs trop élevées sont incompatibles avec la croissance des plantes les plus tolérantes. Le dessalement des terres à nappe phréatique proche de la surface est souvent difficile sinon impossible.

#### 4. 2. Sols halomorphes salins à structure dégradée.

(i) Sols à alcalis non lessivés. Ces sols qui s'observent au Sénégal, au Tchad et au Niger dans la bande climatique considérée sont peu utilisés par suite de leur très mauvaise structure et de leur imperméabilité. A un stade relativement peu évolué, les autochtones construisent des diguettes autour des champs permettant ainsi aux eaux de précipitation de s'y infiltrer. Ils sont alors plantés en sorgho repiqué de décrue.

(ii) Sols à alcalis lessivés. On distingue entre Solonetz et Solonetz solodisés. Ces sols ont été reconnus au Tchad dans la partie Est du territoire ainsi que sur les bourrelets de différents fleuves. Hormis leur faible intérêt pastoral, ils sont totalement inutilisés.