

LES SOLS DE SAVANES DE BASSE ET MOYENNE ALTITUDE EN AFRIQUE
OCCIDENTALE.

G. AUBERT

PEDOLOGUE ORSTOM.

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

N° : 3117 ex A

Cote : B 11

G. AUBERT - ORSTOM - "Savannah Soils of low and mean
altitude in West Africa".

ABSTRACT -

They are very diversified. The most typical ones are tropical ferruginous soils. They are formed under a sub-arid to sub-humid contrasted climate and a sahelian - sudanese to sudanese savannah. They are rich in free iron oxides and their clay is a mixture of Kaolinite and Illite. They often are leached in clay and iron oxides. In many cases they include, more or less in depth, an indurated horizon. Some of these savannahs are observed under a more humid climate. They are, probably, at least partially, due to the effect of human action. They develop on Ferrallitic Soils, rich also in aluminium oxides and normally much deeper. Sometimes they can be observed on vertic, solonetzic, and hydromorphous soils.

MOTS CLES -

Savane Sahélo-Soudanienne à Soudanienne; Sol ferrugineux tropical non lessivé, lessivé, induré; Sol à cuirasse; planosol.

RESUME

G. AUBERT.- ORSTOM - Les sols des savanes de basse et moyenne altitude en Afrique Occidentale.

Ils sont très variés. Les plus typiques sont les sols ferrugineux tropicaux. Ils se forment sous climat contrasté semi-aride à sub-humide, sous savane Sahélo-soudanienne à soudanienne. Ils sont riches en oxyde de fer libre, et leurs argiles sont Kaolinite et illite. Ils sont souvent lessivés en argile et en oxyde de fer. Ils peuvent comporter d'abondantes concrétions ferrugineuses et, même, un horizon induré plus ou moins en profondeur. Certaines savanes se trouvent, en climat plus humide, sur des sols ferrallitiques riches aussi en oxyde d'aluminium et généralement beaucoup plus profonds. On en observe aussi, parfois, sur des sols vertiques, solonetziques ou hydromorphes.

Même en restreignant cet exposé aux zones de basse et moyenne altitude d'Afrique Occidentale, les sols sur lesquels se développent des savanes sont extrêmement variés, en fonction des diverses conditions climatiques actuelles, de l'action de paléoclimats différents, de l'influence de roches-mères et matériaux originels très variés, d'âges très différents ou de l'action de l'homme.

I.- Les sols les plus typiques de ces savanes: Sols ferrugineux tropicaux* - (Ustropepts).

A.- Il s'agit de sols de régions à climat contrasté comportant une période humide assez courte et une période sèche à degré hygrométrique très bas.

Leurs limites approximatives de formation dépendent, largement, de la nature de leur roche-mère:

- sur roche éruptive, métamorphique, sédimentaire plus ou moins acide, telle que granite, gneiss, grès, sables ils se forment, sous des pluies moyennes annuelles de 400 à environ 1200/m;

- pour des sols dérivés de roches basiques, ces valeurs deviennent 500 et 900m/m.

Sous des pluviométries plus fortes, des sols différents, ferrallitiques, peuvent présenter dans leurs horizons supérieurs, sous l'action de l'homme, des caractères semblables à ceux des sols ferrugineux tropicaux.

B.- Ces sols sont caractérisés par une épaisseur moyenne -2 à 4m. en général-, une forte décomposition, surtout désagrégation, de leur roche-mère, une altération assez poussée des minéraux riches en fer et, plus limitée, des argiles.

Leur teneur en fer libre est d'au moins 3p100 et le rapport Fe libre/Fe total de plus de 50 à 60%. Ils ne contiennent pas Al_2O_3 libre. Leur argile est un ensemble de Kaolinite et d'Illite; dans leurs horizons de profondeur ils peuvent contenir un peu d'argiles gonflantes. Leur teneur en matière organique est en général assez faible; elle est souvent voisine de 1% dans les.....

* Les sols sont dénommés d'après la classification française (CPCS. 1967) mais en indiquant leur équivalent dans la "Soil Taxonomy" (1975)

10cm supérieurs; son rapport C/N est de 15 ou au dessus, dans la plupart des cas. La structure des horizons supérieurs est mono-particulaire à grumelleuse, avec souvent une pellicule superficielle lamellaire en saison sèche, beaucoup moins accusée en saison des pluies. Dans les horizons de profondeur, leur structure est polyédrique à massive, mais la porosité y reste assez bonne lorsque l'argile ne s'y est pas trop accumulée.

C.- Divers types de sols ferrugineux tropicaux.

Dans ce qui suit, nous en étudierons trois principaux:

1- Sols ferrugineux tropicaux non ou peu lessivés en argile, faiblement en oxyde de fer et, parfois, de manganèse (Camborthids et Ustipsemments).

On les observe sous savane assez claire, arbustive, principalement Sahélo-Soudanienne à Soudano-Sahélienne, à épineux dominants, *Acacia albida*, *A. Seyal*, *Anogeissus leiocarpus*, *Combretum glutinosum*; *C. micranthum*, *Guiera Senegalensis*, *Andropogon sp.*, *Eragrostis sp.*, etc ...

Ils se forment essentiellement sous climats subarides, parmi ceux indiqués précédemment, -pluviométrie annuelle moyenne de 3-400-6-700 m/m, principalement sur sables siliceux - souvent anciennes dunes - sur grés, plus rarement sur granites.

Ils ont été décrits du nord et centre-ouest du Sénégal, de la zone au nord du Niger au Mali, du Nord du Burkina-Faso du Nord du Cameroun (Maroua, Mora, Kaelé, Yagoua etc..) En saison des pluies, ils sont très perméables aux racines de la végétation, même en profondeur, sauf dans les cas, assez rares, où des processus d'hydromorphie s'y produisent. Ils sont facilement cultivables - dénommés sur place, sols "Diors". mil, arachides, sorgho et même manioc - là où la pluviométrie est suffisante et normalement répartie.

L'exemple suivant est de Hann près de Dakar (R. MAIGNIEN 1959).

Sous une savane très dégradée (proximité de Dakar), on observe:

- 0 à 5cm - horizon gris sableux, travaillé par les termites, faiblement grumelleux;
- 5 à 30cm - horizon plus clair, sableux, structure à tendance mixiforme;
- 30 à 55cm - horizon ocre, faiblement rougi, sableux, structure analogue, faiblement durcie.
- 55 à 145cm - horizon ocre roux sableux, peu structuré;
- au-delà de 145cm, sable beige clair, de plus en plus clair en profondeur.

Dans la couverture pédologique et la toposéquence où ils s'observent, ils passent, le plus souvent, à des sols peu évolués

ou à des sols hydromorphes - sols des "Niayes" de la presqu'île du Cap Vert - parfois sodiques comme dans le nord du Cameroun.

2.- Sols ferrugineux tropicaux lessivés (Tropustalfs).

On les observe sous savane arbustive et sous savane arborée Soudano-Sahélienne à *Anogeissus leiocarpus*, *Butyrospermum Parkii*, *Combretum glutinosum*, *Combretum micranthum*, *Daniella Olivieri*, *Isobertinia doka*, *Parkia biglobosa*, *Sterculia setigera*, ... *Andropogon*, *Hymenocardia*, ...

Ils se forment essentiellement sous des climats à saisons contrastées, mais plus humides que dans le cas précédent, sous une pluviométrie annuelle moyenne 600-700 à 1000-1200mm, sur des matériaux très divers, mais assez riches en minéraux ferrugineux, plus ou moins argileux, et de réaction neutre ou acide dans leurs produits de décomposition. A ma connaissance, il n'en a jamais été observé sur marnes ou calcaire et rarement sur roches très argileuses. Ils l'ont été habituellement, par contre, sur granites, gneiss, grès et sables, ainsi que, parfois, sur schistes.

Ils ont été décrits du Centre-est et du Sud du Sénégal au nord de la Gambie, du nord de la Sierra Leone et du nord Ouest de la Guinée, en particulier dans la vallée du Niger, du Centre et du Sud du Mali, du nord et du Centre ("V" baoulé) de la Côte d'Ivoire, du Centre et Centre-sud du Burkina Faso, du nord du Ghana, de larges parties du Togo et du Bénin, du nord de la Nigeria et du centre et du nord du Cameroun.

Ils sont caractérisés, parmi les sols ferrugineux tropicaux, par un profil ou une succession d'horizons nettement différenciés.

Les horizons supérieurs A, assez humifères, à humus bien lié à la matière minérale sont moins riches en argile, hydroxydes de fer et de manganèse que ceux de profondeur. Le plus superficiel, le plus humifère, est brun, souvent grumeleux, mais à structure assez faible, de porosité moyenne. L'horizon suivant - passage assez progressif entre les deux - est beige clair à gris clair, à structure assez massive et passe assez rapidement aux horizons de profondeur B, ocres à rouges, plus argileux, à structure polyédrique à massive, souvent compacte. Ces derniers, généralement épais et dans lesquels l'accumulation de fer est plus profonde que celle d'argile, passent assez progressivement, souvent vers 3 à 5m, au matériau originel, puis à la roche-mère.

On observe, fréquemment, dans ces sols, des concrétions, essentiellement ferrugineuses, ou manganiques, de colluvionnement par remaniements des horizons supérieurs, à la base de A, ou formées sur place dans l'horizon B.

Dans ces sols, et souvent dans les plus lessivés ou les plus appauvris, il se produit fréquemment des processus d'hydromorphie à la base des horizons A et dans les horizons B.

Il y apparaît alors des taches rouilles - ainsi que des taches grises en B - puis des concrétions ferromanganiques et un début d'induration de B. Parfois cette hydromorphie correspond à un phénomène de lessivage oblique à la base de A sur le sommet très compact de B. La zone de passage d'un horizon à l'autre devient très blanche; le sol est alors planosolique.

En sol ferrugineux tropical lessivé, pas trop argileux, la pénétration du système racinaire de la végétation peut être bonne dans les horizons supérieurs, sauf en cas de formation, en savane assez claire, dégradée, d'une pellicule superficielle, lamellaire durcie.

La pénétration dans les horizons B de profondeur y dépend de l'absence ou de l'influence d'un excès d'eau, d'une hydromorphie, en particulier d'un processus de planosolisation.

L'horizon supérieur de ces sols est souvent très sensible à l'érosion hydrique. Ces sols sont souvent cultivés en manioc, en sorgho, et, s'ils ne sont pas trop hydromorphes, en coton.

L'exemple suivant, Sol ferrugineux Tropical Lessivé Hydromorphe, a été observé à Macca (Sud Sénégal).

Sous une savane arborée à Cordyla Africana, Combretum Eliotii et C. glutinosum, il présente les horizons suivants:

- 0 à 38cm.- horizon gris brun foncé, sableux, peu structuré, à éclats anguleux, tassé, forte cohésion;
- 38 à 60cm.- horizon ocre beige, sableux, massif à faiblement polyédrique;
- 60 à 105cm.- horizon beige clair, sablo-argileux, de structure polyédrique, moyennement stable, à forte cohésion;
- 105 à 145cm.- horizon plus blanchi dans son ensemble, mais à nombreuses taches et concrétions rouilles à noires (hydromorphie de "pseudogley"), sablo-argileux, compact;
- 145 à 165cm.- horizon très clair à nombreuses concrétions brunes à brun-noir et taches rouilles à rouges, sablo-argileux, très compact.
- en dessous de 165cm.- passage à un horizon bariolé massif à tendance polyédrique puis au sable argileux et ferrugineux du matériau originel.

Dans la couverture pédologique où ils se forment, les sols ferrugineux tropicaux lessivés peuvent être bien drainés et, sans concrétions ou, comme celui de Macca, être modifiés par l'hydromorphie et présenter de nombreuses concrétions plus ou moins fines, plus ou moins indurées, ou être soumis à des processus de lessivage oblique; ils passent souvent, comme dans le centre Sénégal, dans le centre Côte d'Ivoire, le sud et le sud est du Burkina Faso, le nord du Ghana, certaines régions du Togo et du Nord Cameroun à des sols à cuirasse, en particulier dans certaines zones de pente ou en rebord de plateaux.

3.-Sols ferrugineux Tropicaux indurés, à cuirasse - (Plinthustalfs)

Ils apparaissent sous une savane arborée à *Isobertinia doka*, ou arbustive à *Monotes Thoningii*, *Combretum glutinosum*, *C. micranthum*, *Hymanocardia acida*, *Gardenia*, etc ... analogue à celle décrite précédemment, si la cuirasse est suffisamment profonde, de l'ordre du mètre ou davantage. Si l'horizon induré se trouve plus près de la surface, la savane est moins dense, pauvre en arbres, souvent très dégradée.

Ce type de sol est développé surtout dans la partie la plus humide de la zone des sols ferrugineux tropicaux lessivés qui passe, sous une pluviométrie plus élevée, à celle des sols ferrallitiques. On l'observe, en particulier, sur des roches bien pourvues en minéraux ferrugineux et assez argileuses. Ces sols ont un profil qui présente des points communs avec celui des sols ferrugineux tropicaux lessivés. L'horizon A, fréquemment riche en concrétions ferrugineuses, est souvent assez peu épais, et dégradé par l'érosion. L'horizon B, généralement épais, est induré, le plus souvent en cuirasse, et présente fréquemment des traces d'hydromorphie et même de circulation oblique d'eau à sa surface lorsqu'elle est en pente. Les traces d'hydromorphie peuvent se développer aussi, à sa base, au passage au matériau originel si celui-ci est argileux.

II.- Sols ferrallitiques.- (Oxisols).

Ces sols se forment, le plus habituellement sous forêt. Cependant, en Afrique occidentale, comme en de nombreuses autres régions, on en observe aussi sous savane.

- Ils se forment sous climat tropical humide, de pluviométrie d'au moins 900 à 1200 m/m. suivant le type de roche-mère. Le degré hygrométrique durant les saisons sèches n'est jamais très bas, permettant le maintien de la liaison entre l'argile et les oxydes de fer, et par conséquent la formation et le maintien des micro-agrégats, ou pseudo particules si typiques de leurs horizons supérieurs et de moyenne profondeur.

- Ces sols sont caractérisés par leur grande épaisseur, en général. Ils sont souvent de 5 à 10m et parfois leur roche-mère n'apparaît qu'à 20 ou 30m. Les processus d'altération y sont très développés, même dans le cas des minéraux argileux. La Kaolinite est la seule qui puisse se maintenir, et parfois elle est, elle-même, altérée, et seuls restent les hydroxydes de fer, manganèse, aluminium. Même à partir d'une roche éruptive comme le granite, le matériau originel est plus limoneux que sableux. La matière organique y est rapidement et très fortement décomposée. Le rapport C/N de l'humus y est habituellement d'environ 10 ou plus faible. En dessous des horizons supérieurs, bruns, assez humifères, même sous savane, puis plus clairs, souvent lessivés ou appauvris, on observe des horizons sablo-argileux ou argilo-sableux, fréquemment riches en concrétions et micro-agrégats, à structure le plus souvent polyédrique, puis un horizon épais d'argile tachetée qui passe progressivement au matériau originel.

- En Afrique Occidentale, on doit distinguer deux cas différents de zones de savanes sur sols ferrallitiques:

- La première zone est voisine de celle des savanes sur sols ferrugineux tropicaux lessivés plus ou moins indurés. Après culture sur défriche de la forêt, les terres ont été abandonnées et plus ou moins dégradées par l'érosion, et par l'action directe des conditions physiques de certaines saisons particulièrement sèches. La structure et l'ensemble des propriétés physiques des horizons supérieurs du sol se sont modifiés, en même temps qu'il a été recouvert par une savane arborée, comme cela peut s'observer sur des zones, plus ou moins étendues, dans le Centre de la Côte d'Ivoire, le nord du Ghana, et le nord du Cameroun ...etc..

- La seconde zone apparaît comme plus exceptionnelle. Elle est assez étendue, en région très humide (P de 1500 à 2000 mm annuellement, en moyenne, entre Dabou et Cosrou, en basse côte d'Ivoire. La savane est à *Loudetia ternata*, *Hyparrhenia diplandra*, *Anadelphia leptocornia*, parsemée de *Borassus Aegyptiaca*. L'horizon supérieur y est appauvri - plus que sous forêt - jusqu'à 40 à 60 cm. et passe à un horizon ocre jaune, sablo-argileux, parsemé, quelquefois de taches ferrugineuses rouille, jusqu'à plus de 3m, qui repose plus en profondeur (5 à 6m) sur les sables néogènes, faiblement argileux (environ 15p. cent d'argile). Leur pH est faible: 4 à 5, et ils sont un peu moins humifères que sous forêt.

Dans les catenas auxquelles ils appartiennent ils sont, le plus souvent, liés à des sols hydromorphes. Ils sont maintenant largement couverts par les cultures d'hévéas, et, secondairement, par celles de palmiers à huile.

III.- Autres types de sols.

Certains, les Planosols, se rapprochent des Sols Ferrugineux Tropicaux Lessivés, décrits précédemment, mais dont le sommet de l'horizon B est très compact et la base des horizons supérieurs, très blanchie à son contact, par une hydromorphie circulante. Il arrive que les processus d'alcalisation et solonétziation, dus à l'action du sodium provenant de l'altération des roches granitiques sodiques de la région, viennent accroître ces caractères. De tels sols sont souvent érodés jusqu'à l'horizon B alors très durci. Localement ils sont dénommés "hardés". Ils ont été décrits surtout du Nord-Cameroun, du N.E de la Nigéria, du Niger...etc..

Par places apparaissent aussi, dans ces mêmes régions, des Sols vertiques et même des Vertisols, (Usterts, Xererts), sur matériaux riches en argile gonflante, à structure cubique à prismatique dès la surface. La savane s'y enrichit en Balanites Aegyptiaca, Myragina inermis, Acacia Seyal, etc ...

Dans cette même zone ont été aussi observés, toujours sous savanes, des Sols Brun-Rouges Eutrophes Tropicaux (Eutropepts) sur roches basiques à neutres, moins argileuses, et riches en minéraux ferrugineux et, en zones plus sèches, des Sols Bruns Subarides (Aridisols), sous savane à épineux.

Enfin, nous devons signaler à nouveau, à l'extrémité inférieure des toposéquences, le fréquent développement des Sols hydromorphes à pseudogley ou à gley (Tropaquepts) de surface, cas où, par places, la savane passe à la prairie, ou de profondeur, sous une savane arborée ou arbustive, à *Terminalia macroptera*, *Bauhinia reticulata*, *Myragina inermis*, *Combretum*, *Acacia Seyal*, *Maerua Crassifolia*, *Echinochloa*, *Cynodon*, *Cymbopogon*, *Hyparrhenia*, etc ...

BIBLIOGRAPHIE

- ADJANOHOOUN E.- 1964 - Végétation des savanes et des rochers découverts en Côte d'Ivoire centrale. ORSTOM - Mém. 7/250 p.
- BEAUDOU A.G. et SAYOL R. 1980 - Etude pédologique de la région de Boudiali - Korhogo, nord de la Côte d'Ivoire. Méthodologie et typologie détaillée, Tr.et Doc. ORSTOM 112. 282 p.8 pl.
- BERLIER Y. DABIN B. et LENEUF L. 1956 - Comparaison physique, Chimique et Microbiologique entre les sols de forêt et de Savane sur les sables tertiaires de la Basse Côte d'Ivoire. - VI C.Irt.Sc.Sol Paris V.8 1, P499 - 502.
- BLIC P.de. 1983 - Quelques aspects des relations sol-végétation dans la région Centre de Côte d'Ivoire. ORSTOM C.d'I. 18 p.
- BOULET R. 1968 - Etude pédologique de la Haute-Volta - Région Centre-Nord. 2 vol. ORSTOM - T1. Notice explicative - 351 P. 1 carte 1/500.000. T.2. 14 p.
- BOULET R. et LEPRUN J.C. 1969 - Etude pédologique de la Haute-Volta.- Région Est - ORSTOM - Notice explicative 331 p. 1 carte 1/500.000
- BOULET R. 1978 - Toposéquences de Sols tropicaux en Haute-Volta - Mém.ORSTOM 85 - 272 p.
- BOWER C.A. HARPER G.W. et MOODIE C.D. 1958 - Report of the nomenclature Comitee. S. Sc. Soc. America. proc. 22- p 270.
- BRABANT P. et GAVAUD M. 1985 - Les sols et les ressources en terre du Nord - Cameroun. ORSTOM: Notice explicative 103 - 286 p. 2 cartes 1/500.000 et 34 cartes 1/750.000.
- CAMARA N. 1985 - Etude pédologique de la région de Mankono (C.d'I.) ORSTOM - Notice 45 p. 1 carte 1/200.000.
- CHAUVEL A. 1977 - Recherches sur la transformation des sols ferrallitiques dans la zone Tropicale à saisons contrastées. - Trav.et Doc. ORSTOM. 62. 532 p.
- C.P.C.S. 1967 - ENSA - Grignon - 87 p.

- DABIN B.
LENEUF N. et
RIOU G. 1960 - Carte pédologique de la Côte d'Ivoire à 1/200.000 - Notice explicative ORSTOM /Dir.Sols Secr.Agri. 31 p. 1 carte.
- FAUCK R. 1963 - Les sous-groupes de Sols Ferrugineux Tropicaux lessivés à concrétions - Sols Africains - African Soils VIII - 3. p.383-405 p.407-429.
- HANRION
MERCKY P. et
CHAUVEL A. 1968 - Observations pédologiques sur des zones témoins pour l'opération Terres nouvelles.- ORSTOM - Dakar - 41 p. 1 carte.
- HOORE J.d'. 1964 - La carte des sols d'Afrique à 1/5.000.000.- Mémoire explicatif - CCTA-pub/Lagos - 23 - 209 p. + 4 cartes.
- KALOGA B. 1968 - Etude pédologique de la Haute-Volta . Région Centre-Sud - ORSTOM. Notice explicative 251 p. 1 carte 1/500.000.
- LATHAM M. et
DUGERDIL M. 1970 - Contribution à l'étude de l'influence du Sol sur la végétation au contact forêt-Savane dans l'Ouest et le Centre de la Côte d'Ivoire - Adansonia 2.10.4.
- LENEUF N. et
AUBERT G. 1956 - Sur l'origine des savanes de la Côte d'Ivoire - C.R.Ac.Sc. 859 - 860.
- LEPRUN J.C. et
MOREAU R. 1968 - Etude pédologique de la Haute-Volta. Région Ouest-Nord - ORSTOM. Notice explicative 341 p. 1 carte 1/500.000.
- LEVEQUE A. 1983 - Etude pédologique et des ressources en sols de la région au Nord du 10ème parallèle en Côte d'Ivoire. ORSTOM; Notice explicative 96; 126 p. 6 cartes 1/200.000
- MAIGNIEN R. 1962 - Tropical Subarid Brown Soils of West Africa .1 st.soil correlation seminar for southand central Asia - Tash Kent, Armenia. VSSR. 36 - 44.
- MAIGNIEN R. 1965 - Carte pédologique du Sénégal au 1.000.000 - ORSTOM - Notice explicative 24. 63 p.
- MAHOP F. 1983 - Etude pédologique d'une zone représentative des savanes du centre-nord-Ouest de la Côte d'Ivoire. ORSTOM - 85+14+21+ 6 p. 1 carte 1/200.000.
- MAY ARD. 1964 - Etude pédologique dans la région de Korhogo - ORSTOM. 82 p. 223 p. 6 cartes 1/5000
- MIETTON M. 1988 - Dynamique de l'interface lithosphère - atmosphère au Burkina-Faso. L'érosion en zone de savane. Université Grenoble I. 511 p.
- PERRAUD A. 1971 - Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. les sols - Mém. ORSTOM 50.- 265-391- 4 cartes 1/500.000.
- POSS R. 1982 - Etude morphologique de Katiol (C.I.). Notice explicative 94; ORSTOM. 142 p. 2 cartes 1/200.000.

- POSS R. et
VALENTIN C. - 1983 - Structure et fonctionnement d'un système eau-sol-végétation. Une toposéquence ferrallitique de savane (Katiola. C.I.) - Cah. ORSTOM 1 Sie. Pédologie XX- 4- 341-360.
- RIOU . 1966 - Le pays Baoulé - ORSTOM - 43 p.
- ROOSE E. 1978 - Pédogénèse actuelle d'un sol ferrugineux, issu de granite, sous savane arborescente du Centre Haute-Volta - Gonsé - Cah. ORSTOM, Sie Pédologie - XVI - 2, 193-223.
- ROOSE E. 1979 - Dynamique actuelle d'un sol ferrallitique gravillonnaire issu de granite sous culture et sous une savane arbustive soudanienne du nord de la Côte d'Ivoire (Korhogo). Cahiers ORSTOM, Sie. Pédologie, XVII, 2 - 81 - 118;
- SOIL SURVEY STAFF.
USDA. 1960 - Soil classification, a comprehensive system, 7 th. approx. Soil Taxonomy - U.S. Gov. Print. Off. Washington D.C. - 265 p.
- TOMLISON P.R. 1962 - Classification of the northern Nigerian soils - 4 th. approximation.